



# Veranderende draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels

**RAPPORTAGE VAN THEMA'S 2 EN 3 UIT HET 'LANGE TERMIJN  
ONDERZOEKSPROGRAMMA VOEDSELRESERVERING  
OOSTERSCHELDE', IN HET KADER VAN DE TWEEDE EVALUATIE VAN  
HET NEDERLANDS SCHELDPDIERVERISSERIJBELEID, EVA II**

A.J.M. Geurts van Kessel <sup>1)</sup>

B.J. Kater <sup>2)</sup>

T.C. Prins <sup>1)</sup>

1) = Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ



Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
**Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat**  
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

2) = Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek  
(voorheen RIVO)



**ANIMAL SCIENCES GROUP**  
WAGENINGEN **UR**

Rapport RIKZ/2003.043  
RIVO rapport C062/03  
ISBN 90-369-3487-7

Middelburg, november 2003

Opdrachtgever: Stuurgroep EVA II  
Opdrachtnemers: RIKZ; RIVO  
Projectbegeleiders: Ir. A.J.M. Geurts van Kessel, Drs. B.J. Kater  
Projectleider: Dr. J. de Vlas





<b>Voorwoord</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>9</b>
1.1 Kader en doel	9
1.2 Probleemstelling	11
1.3 Opbouw rapport	11
<b>2. Veranderingen in hydrodynamiek en morfologie door aanleg van de Oosterscheldewerken</b>	<b>15</b>
2.1 Gebiedsbeschrijving en voorgeschiedenis Oosterschelde	15
2.2 Veranderingen in hydrodynamiek door aanleg van de Oosterscheldewerken	17
2.3 Erosie van het intergetijdengebied: zandhonger	19
2.4 Direct effect plaatverlaging: verkorting droogvalduur	22
2.5 Indirecte effecten van erosie van intergetijdengebied en afgenomen stroomsnelheden	23
2.6 Conclusies	25
2.7 Discussie	26
<b>3. Effecten van veranderingen in hydrodynamiek en morfologie op de habitatgeschiktheid voor kokkels</b>	<b>27</b>
3.1 Opzet Kokkelhabitatkaarten en Kokkelverdelingskaarten	27
3.2 Benadering I: modellering van kokkelhabitat	29
3.3 Benadering II: opgetreden verdeling van kokkelbiomassa	30
3.4 Kokkelhabitatkaarten en Kokkelverdelingskaarten door de tijd	32
3.5 Naast verschuiving ook verslechtering van kokkelhabitat?	39
3.6 Verschuivingen per abiotische parameter	40
3.7 Conclusies	41
3.8 Discussie	41
<b>4. Concurrentie om ruimte tussen Japanse oesters en kokkels</b>	<b>43</b>
4.1 Voorgeschiedenis Japanse oester in de Oosterschelde	44
4.2 Toleranties voor temperatuur en saliniteit	44
4.3 Interactie met andere organismen	44
4.4 Reconstructie oppervlakte bedekt met Japanse oesters in 1980, 1990 en 2002	46
4.5 Uitbreiding Japanse oester in het sublitoraal van de Oosterschelde	49
4.6 Bedekking litorale kokkelhabitat met oesterbanken	50
4.7 Conclusies	52
4.8 Discussie	53
<b>5. Invloed van mechanische kokkelvisserij op de ruimtelijke verdeling van kokkelbiomassa in de Oosterschelde</b>	<b>55</b>
5.1 Ontwikkeling mechanische kokkelvisserij in de Oosterschelde	55
5.2 Factoren die de de biomassaverloop beïnvloeden op de Vondelingsplaat en de Roggenplaat	60
5.3 Relatie visserij-intensiteit – droogvalduur, verklaring voor afwijkende Verdelingskaart 1994	66
5.4 Open en gesloten gebieden voor mechanische kokkelvisserij in de Oosterschelde	68
5.5 Conclusies	70
5.6 Discussie	71

<b>6. Ontwikkeling voedselsituatie voor filtreerders in de Oosterschelde</b>	<b>73</b>
6.1 Afgenomen zoetwatertoevoer en nutriëntenbelasting Oosterschelde	73
6.2 Veranderingen in fytoplanktonsamenstelling	75
6.3 Afname primaire productie	78
6.4 Mogelijke oorzaken voor geconstateerde afname primaire productie	80
6.5 Conclusies 'Ontwikkeling voedselsituatie Oosterschelde voor schelpdieren'	83
<b>7. Competitie tussen schelpdieren om voedsel</b>	<b>85</b>
7.1 Ontwikkeling biomassa schelpdieren Oosterschelde	85
7.2 Berekening filtratietijd	88
7.3 Combinatie filtratietijd, fytoplankton turnover en verblijftijd	88
7.4 Effect van een intensievere schelpdiergraas op de fytoplankton soortensamenstelling	91
7.5 Effect van een veranderde fytoplankton soortensamenstelling en afgenomen primaire productie op de groei van kokkels	92
7.6 Conclusies	95
7.7 Discussie	96
<b>8. Integratie</b>	<b>97</b>
<b>9. Conclusies</b>	<b>105</b>
<b>Literatuur</b>	<b>107</b>
<b>Dankwoord</b>	<b>111</b>
<b>Verklarende woordenlijst</b>	<b>113</b>
<b>Bijlagen</b>	<b>115</b>
• Bijlage 1: Monsterlocaties RIVO kokkel survey	115
• Bijlage 2: Monsterlocaties INTERECOS campagne	115
• Bijlage 3: Mosselpercelen voor 1996	116
• Bijlage 4: Mosselpercelen na 1993	116
• Bijlage 5: Traject sidescan sonar opnamen	117
• Bijlage 6: Monitoringslocaties AquaSense	117
• Bijlage 7: Monitoringslocaties Stichting Anemoon	117
• Bijlage 8: IJsvorming tijdens de strenge winter van 1996/1997	118
• Bijlage 9: Monsterlocaties fytoplankton en primaire productie	118
• Bijlage 10: RIVO plots kokkelgroei	119
<b>Reactie Auditcommissie</b>	<b>121</b>
<b>Colofon</b>	<b>128</b>
<b>Bij dit rapport behoort een cd-rom</b>	

## Voorwoord

Voor u ligt het rapport 'Veranderende draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels' dat in opdracht van de Stuurgroep EVA II door het Centrum voor Schelpdier Onderzoek van het Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO-CSO) en het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) vervaardigd is ten behoeve van de tweede evaluatiefase van het Nederlands schelpdiervisserij-beleid, EVA II. Het onderzoeksveld van het EVA II project beslaat de Waddenzee en de Oosterschelde, waar een onderzoeksconsortium van Alterra, RIVO, RIKZ en RIZA heeft gewerkt aan een negental verschillende projecten.

Dit rapport geeft een samenvatting van de resultaten van Thema's 2 en 3 uit het Lange Termijn Onderzoekprogramma Voedselreservering Oosterschelde (Klinge, 2001). Deze thema's handelen respectievelijk over de autonome ontwikkeling van het Oosterscheldesysteem na de aanleg van de Deltawerken en de invloed van de sterk uitbreidende Japanse oester (*Crassostrea gigas*) in deze zeearm.

Aangezien het RIKZ als specialistische dienst van Rijkswaterstaat veel kennis en informatie bezit over de watersystemen in het Deltagebied en het RIVO-CSO uitgebreide monitoringsprogramma's voor schelpdieren uitvoert in de Nederlandse zoute wateren, is binnen EVA II het onderzoek naar de draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels grotendeels door deze twee instituten uitgevoerd. Het Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie van het Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek (NIOO-CEME) heeft echter gelijktijdig in samenwerking met het RIKZ onderzoek verricht naar de primaire productie en fytoplanktonsamenstelling in de Oosterschelde ten behoeve van de evaluatie van het Nederlands mestbeleid. De resultaten van dit werk zijn gebruikt bij het in kaart brengen van de voedselsituatie voor schelpdieren in de Oosterschelde. AquaSense en Stichting Anemoon hebben in het kader van de periodieke watersysteemrapportage van de Oosterschelde gegevens ten aanzien van de ontwikkeling van de Japanse oester in het sublitoraal van de Oosterschelde geleverd.

De gebruikte informatie voor dit samenvattende rapport is grotendeels ontleend aan zeven onderliggende rapporten, die deels in EVA II verband vervaardigd zijn. Aan het begin van ieder hoofdstuk in dit rapport wordt voor detailinformatie over de gebruikte datasets, gehanteerde methoden, resultaten en referenties telkens verwezen naar de betreffende

de onderliggende rapporten, die als pdf-bestanden te vinden zijn op de bij dit rapport behorende cd-rom.

1. Verandering van de morfologie van de Oosterschelde door aanleg van de Deltawerken (RIKZ)
2. De invloed van de Oosterscheldewerken op de relatie tussen abiotische factoren en biomassa van kokkels (RIVO-CSO)
3. Kokkelhabitatkaarten voor de Waddenzee en de Oosterschelde (RIVO-CSO & Alterra)
4. Een reconstructie van de oppervlakten van litorale Japanse oesterbanken in de Oosterschelde in het verleden en een schatting van het huidige oppervlak (RIVO-CSO)
5. Ecologisch profiel van de Japanse oester (RIVO-CSO)
6. Verkenning draagkracht Oosterschelde, onderzoek naar veranderingen en trends in de Oosterschelde in de periode 1990-2000 (RIKZ & NIOO-CEME)
7. Voedselsituatie voor schelpdieren in de Oosterschelde (RIVO-CSO)

De resultaten van Thema 1 uit het Lange Termijn Onderzoekprogramma dat handelt over de voedselreservering voor scholeksters in de Oosterschelde staan niet in dit rapport beschreven maar in een apart EVA II rapport, namelijk 'Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde' (Rappoldt et al., 2003). De scheiding in twee afzonderlijke rapporten is aangehouden omdat de evaluatie van het voedselreserveringsbeleid gebaseerd is op een geavanceerd rekenkundig model en de draagkracht voor kokkels beschreven wordt door de ontwikkelingen van een groot aantal systeembrede processen, die achtereenvolgens in dit rapport gepresenteerd zijn.

### Kwaliteitsborging

De kwaliteitsborging van dit rapport is in een aantal stappen verzorgd. Ten eerste hebben medewerkers van RIKZ en RIVO en betrokkenen van het NIOO-CEME eerdere versies van dit rapport becommentarieerd. Vervolgens hebben het Onderzoeksmanagement EVA II (Dr. B.J. Ens, Dr. A.C. Smaal en Dr. J. de Vlas) en de EVA II Stuurgroep (LNV, RWS, Productschap Vis en de Vogelbescherming) commentaar geleverd op eerdere versies van dit rapport. Tenslotte heeft de Auditcommissie EVA II (Prof.dr. P.L. de Boer, Prof.dr. C. Heip en Prof.dr. W.J. Wolff) een beoordeling van dit rapport gegeven, die als bijlage in dit rapport is opgenomen.



## SAMENVATTING

In opdracht van de Stuurgroep EVA II is de tweede evaluatiefase van het Nederlands schelpdiervisserijbeleid (EVA II) uitgevoerd. In deze studie zijn de belangrijkste ontwikkelingen in het Oosterschelde-gebied in kaart gebracht die van invloed zijn op de ontwikkeling van het kokkelbestand op de droogvallende platen en daarmee op de hoeveelheid scholeksters die in dit gebied kunnen overleven (scholeksters zijn in de Oosterschelde voor hun voedselbehoefte grotendeels afhankelijk van kokkels).

Sinds de aanleg van de Stormvloedkering en compartimenteringsdammen eroderen de platen en slikken in de Oosterschelde, waarbij sediment uit de hooggelegen delen verdwijnt en beneden de laagwaterlijn wordt afgezet. Zonder drastische ingrepen zal dit proces op lange termijn (honderden jaren) ertoe leiden dat vrijwel het gehele intergetijdengebied van de Oosterschelde verandert in een ondiep sublitoraal gebied. Doordat de platen en slikken verlagen, neemt de tijd die deze gebieden droogvallen af, waardoor vogels minder tijd hebben om hun voedsel op te nemen en de geschiktheid van gebieden voor kokkels verandert. De afname van de droogvalduur voltrekt zich (veel) sneller dan de afname van het totale oppervlak intergetijdengebied en is tot nu toe het sterkst in de Kom en het Middengebied.

Met behulp van modelberekeningen is de invloed van de afname van de stroomsnelheden en droogvalduur op het potentiële kokkelbestand geschat. Hoewel de uitkomsten van deze berekening als indicatief beschouwd moet worden (extrapolaties berusten op een model dat niet gevalideerd kon worden), geven de uitkomsten een afname van ongeveer 20% van het kokkelbestand aan tussen 1983 en 2001.

Het korte termijn effect van de aanleg van de Oosterscheldewerken lijkt hierbij een relatieve verschuiving van geschikt kokkelhabitat van Noordtak en Kom naar het Middengebied te zijn geweest, ingegeven door de afgenomen stroomsnelheden en verkleinde getijslag. Het lange termijn effect van de aanleg van de Oosterscheldewerken op het kokkelbestand lijkt veroorzaakt te worden door de erosie van hoger gelegen delen waardoor een steeds groter gebied met een kortere droogvalduur ontstaat. Omdat het erosieproces een

doorgaande ontwikkeling is, dient rekening gehouden te worden met een verdere afname van het (potentiële) kokkelbestand van orde grootte 14% tussen 2001 en 2010, oftewel 1 à 2% per jaar (modeluitkomst). Op termijn zou een verdere afname in habitatgeschiktheid voor kokkels bovendien nog versterkt kunnen worden doordat oude veenlagen, die voorheen met sediment bedekt waren, geëxposeerd beginnen te raken (kokkels kunnen zich niet in veenlagen ingraven).

De Japanse oester is in 1964 door de schelpdiersector geïntroduceerd als alternatief voor de Zeeuwse platte oester. Sindsdien heeft deze exotische schelpdiersoort zich gestaag uitgebreid in de Oosterschelde. In de droogvallende delen was in 1980 15 hectare bedekt met Japanse oesters, in 1990 ongeveer 210 hectare, en in 2002 640 hectare. Uit sonarbeelden van de Oosterschelde is geschat dat in 2002 ongeveer 700 hectare van de sublitorale delen van de Oosterschelde bedekt was met Japanse oesters. In totaal is er inmiddels dus bijna 15 km<sup>2</sup> bedekt met Japanse oesters. De Japanse oester neemt het meest toe op minder geschikt kokkelhabitat, laag in het intergetijdengebied. Enige mate van ruimtecompetitie met kokkels is hierdoor waarschijnlijk, maar concurrentie om de beste plekken voor kokkels (hoger in het intergetijdengebied) vindt nauwelijks plaats. Door erosie van hoger gelegen delen verandert de omgeving echter ten gunste van de Japanse oester en ten nadele van de kokkels. Hierdoor wordt verwacht dat ruimtecompetitie een steeds belangrijker rol zal gaan spelen.

De primaire productie door het fytoplankton neemt af in sommige delen van de Oosterschelde. Deze afname is niet veroorzaakt door de afgenomen zoetwatertoevoer naar de Oosterschelde ten gevolge van de aanleg van de compartimenteringsdammen, er is in de huidige situatie niet of nauwelijks sprake van nutriëntenlimitatie. Wel is het doorzicht in de Oosterschelde in 10 jaar tijd bijna gehalveerd, waardoor waarschijnlijk sprake is van lichtlimitatie van het fytoplankton. Mogelijk wordt de terugloop in doorzicht veroorzaakt door in het water opgeloste humuszuren die ofwel via afspoeling van het land door de verhoogde neerslaghoeveelheden of uit de veenlagen in de Oosterschelde zelf afkomstig kunnen zijn.

Op de schaal van de Oosterschelde lijkt er een verband te bestaan tussen de opkomst van de Japanse oester en verandering van de fytoplankton soortsaamenstelling. De Japanse oester lijkt de voedselsaamenstelling voor filtreerders te beïnvloeden. Ook in kwantitatieve zin is de Japanse oester een nieuwe voedselconcurrent. Er zijn aanwijzingen dat er in de Noordtak al langere tijd sprake is van een voedselgelimiteerde situatie waardoor de kans op voedselcompetitie tussen schelpdieren hier groot is, de voedselsituatie in het Komgebied heeft zich gedurende de jaren '90 ook ongunstig voor kokkels ontwikkeld. De mate waarin predatie van kokkellarven in de Oosterschelde door oesters plaatsvindt is onbekend. De kans op larvenpredatie is het grootst in de Kom gezien het grote aantal oesters, het beperkte watervolume en de lange verblijftijd van het water.

Mechanische kokkelvisserij kan een grote invloed uitoefenen op de ruimtelijke verdeling van de hoogste

kokkelbiomassa's in de Oosterschelde in één of enkele jaren. De mechanische kokkelvisserij richt zich in de Oosterschelde met name op de hoger gelegen delen van platen en slikken, waar zich de beste kokkelgebieden bevinden. Doordat dit tevens de gebieden zijn die lang droogvallen en die daardoor belangrijk zijn als foerageergebied voor scholeksters, is een directe concurrentie tussen vissers en scholeksters om dezelfde kokkels waarschijnlijk. In het tweede rapport 'Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde' (Rappoldt et al., 2003), wordt deze concurrentie beschreven.

Al met al wordt de ruimte voor kokkels in het Oosterscheldesysteem steeds kleiner, verwacht wordt dat de Roggenplaat in het Mondingsgebied en de Vondelingsplaat en de Slikken van de Dortsman in het Middengebied het langst hun draagkracht voor kokkels zullen behouden.



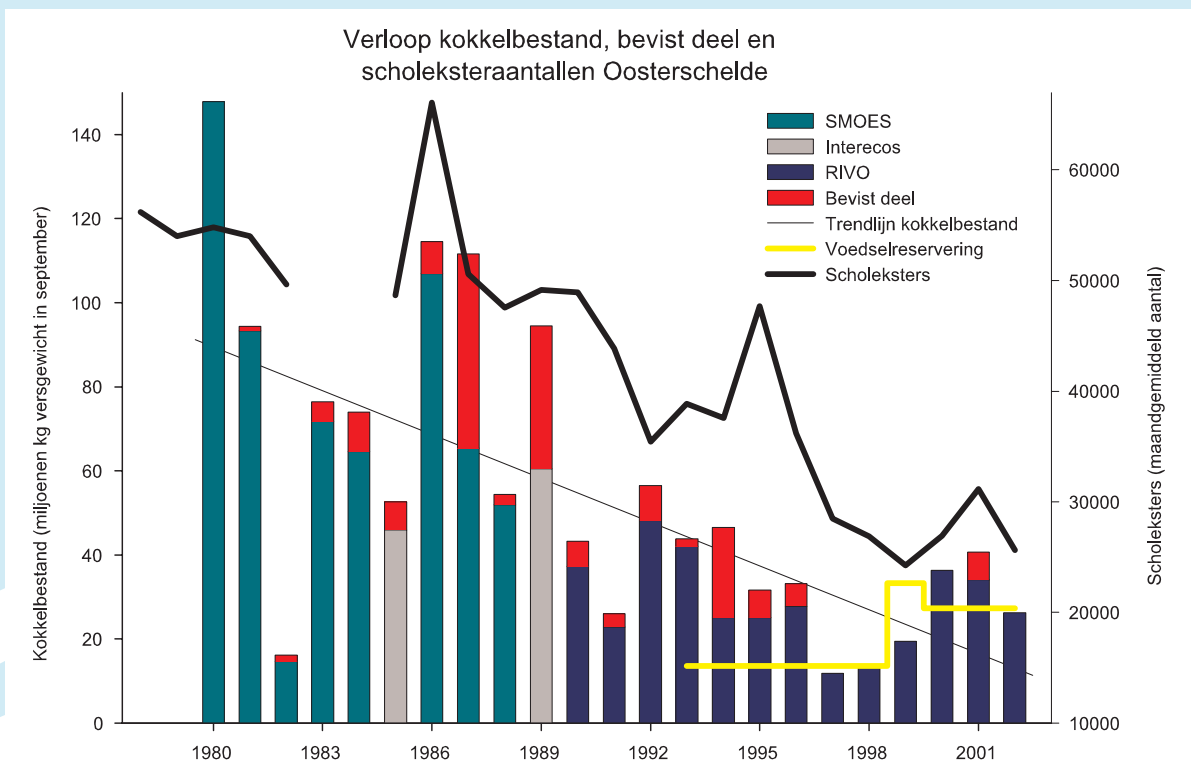
# 1 INLEIDING

## 1.1 KADER EN DOEL

Omdat in de Oosterschelde sinds de jaren tachtig sprake is van een afname van zowel de hoeveelheid kokkels (*Cerastoderma edule*) in het litoraal als van de aantallen scholeksters (*Haematopus ostralegus*) (Figuur 1.1), is in 1993 in de Structuurnota Zee- en Kustvisserij 'Vissen naar evenwicht' beleid geformuleerd voor de schelpdiervisserij in de Oosterschelde voor de jaren 1993-2003. Doel van het beleid was de geconstateerde negatieve effecten van de schelpdiervisserij op een aantal belangrijke natuurwaarden te beëindigen. De eerste fase van dit beleid is in de periode 1993-1998 uitgevoerd, waarbij een voedselreservering van kokkels en mosselen (*Mytilus edulis*) voor scholeksters geïntroduceerd is. Bij een bestand groter dan 2,04 miljoen kilo kokkelvlees of

13,6 miljoen kilo versgewicht (ouder dan 1 jaar en in dichtheden groter dan 50 per m<sup>2</sup>) werd de Oosterschelde opengesteld voor mechanische kokkelvisserij (gele lijn Figuur 1.1).

Na een evaluatie van deze eerste fase in 1997 is in 1999 het 'Beleidsbesluit Schelpdiervisserij Kustwateren 1999-2003' opgesteld, waarin het voedselreserveringsbeleid dat van kracht was in de voorafgaande periode werd gewijzigd. In tegenstelling tot het beleid voor de periode 1993-1998, waarbij de voedselbehoefte van scholeksters gedekt diende te worden door een combinatie van kokkel- én mosselvlees, werd besloten dat vanaf 1999 de volledige voedselbehoefte van scholeksters gedekt moest worden in de vorm van kokkelvlees. Deze beslissing werd genomen doordat er in het begin van de jaren '90 een verplaatsing van de litorale mosselpercelen naar diepere delen van de Oosterschelde had plaatsgevonden en als gevolg hiervan de mossel als



Figuur 1.1 Het kokkelbestand (miljoenen kg vergewicht in september) in de Oosterschelde van 1980 tot en met 2002. Trendanalyse laat een significant dalende trend zien ( $p < 0,01$ ). 1980-1988 = reconstructie (lage betrouwbaarheid), 1989 = Interecos campagne, 1990 t/m 2002 = jaarlijkse RIVO survey (gebiedsdekkend). Zie voor verdere uitleg ook Hoofdstuk 3. Scholekstersaantallen zijn het rekenkundig gemiddelde over het seizoen van juli t/m juni.

alternatieve prooi voor de scholekster nagenoeg was verdwenen. De voedsel-reservering voor de Oosterschelde werd verhoogd tot 5 miljoen kilo kokkelvles of 33,3 miljoen kilo versgewicht (ouder dan 1 jaar en in dichtheden groter dan 50 per m<sup>2</sup>).

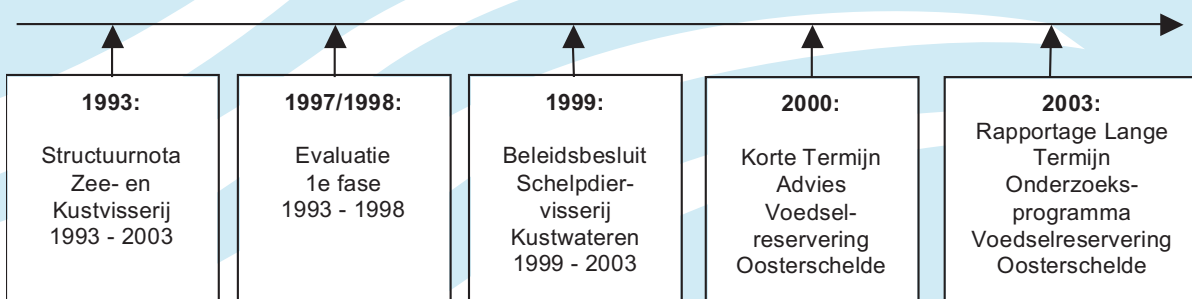
De kokkelbestanden herstelden zich niet of nauwelijks in de jaren na deze beleidswijziging. Door de aanhoudende slechte jaarklassen kokkels en het verscherpte voedselreserveringsregime namen de mogelijkheden voor kokkelvisserij in de Oosterschelde sterk af. Echter, niet alleen de kokkelbestanden bleven laag, ook de scholekster aantallen waren een stuk lager dan eind jaren tachtig. Dit werd, naast het ontbreken van voldoende hoofdvoedsel in de vorm van kokkels, ook geweten aan het ontbreken van geschikte alternatieve prooien voor de scholekster en het gestaag afnemende beschikbare plaatareaal als gevolg van doorwerking van de aanleg van de Oosterscheldewerken. Hiermee rees de vraag of het wel terecht was om de hogere scholekster aantallen uit de jaren tachtig als referentie te hanteren voor de voedselreservering.

Deze vraag was voor het Ministerie van LNV voldoende reden om het voedselreserveringsbeleid dat in het 'Beleidsbesluit Schelpdiervisserij Kustwateren 1999-2003' was vastgelegd als voorlopig te bestempelen en te verzoeken een nadere analyse van de beschikbare gegevens uit te voeren. Naar aanleiding van dit verzoek is een tussentijds advies uitgebracht in de eerste EVA II-rapportage: 'Korte Termijn Advies Voedselreservering Oosterschelde, Samenvattende Rapportage in het Kader van EVA II' (Bult et al., 2000).

De belangrijkste bevindingen uit deze rapportage waren dat enerzijds de in 1999 verhoogde voedselreservering onderbouwd kon worden met gegevens en dus terecht

was, maar anderzijds dat de tot dusver gehanteerde referentieaantallen scholeksters bijstelling behoeft. Mede op basis van de referentieaantallen wordt namelijk de totale voedselreservering vastgesteld. De referentieaantallen scholeksters waren tot dan toe gebaseerd op de maandgemiddelde winteraantallen scholeksters in de maanden september t/m mei van de jaren 1987-1991: 54.000 scholeksters. Er werd een verlaging van 15% voorgesteld: van 54.000 naar 45.900 scholeksters. De conclusies van het Korte Termijn Advies zijn in het voorjaar van 2000 opnieuw in de Tweede Kamer behandeld, waarna op basis van deze nieuwe inzichten besloten is het reserveringsniveau te verlagen ten opzichte van de eerder vastgestelde 5 miljoen kilo kokkelvles of 33,3 miljoen kilo versgewicht (ouder dan 1 jaar, dichtheden >50/m<sup>2</sup>), naar 4,1 miljoen kilo kokkelvles of 27,3 miljoen kilo versgewicht (ouder dan 1 jaar, dichtheden >50/m<sup>2</sup>). Tot op heden is dit reserveringsniveau gehandhaafd gebleven.

Na het Korte Termijn Advies is het onderzoek voor de evaluatie van het schelpdiervisserijbeleid in de Oosterschelde overgegaan in het Lange Termijn Onderzoeksprogramma Voedselreservering Oosterschelde (Klinge, 2001). Voor de uitvoering van het lange termijn programma zijn vele (deel)studies door verschillende instituten uitgevoerd (zie voorwoord). Doel van dit rapport is om op een zo objectief mogelijk wijze de onderzoeksresultaten te presenteren, te interpreteren en op basis daarvan conclusies omtrent de ontwikkelingen te trekken. Deze rapportage is daarmee bedoeld als een belangrijke gegevens- en kennisbron waarop de beleidsverantwoordelijke partijen het huidige schelpdierbeleid in de Oosterschelde kunnen evalueren en nieuw beleid kunnen baseren, formuleren en vaststellen.



Figuur 1.2 Chronologisch overzicht traject beleid schelpdiervisserij Oosterschelde.

## 1.2 PROBLEEMSTELLING

Sinds de aanleg van de Deltawerken is er sprake van een veranderend Oosterschelde ecosysteem. De centrale vraag in dit rapport is: 'Wat zijn de belangrijkste ontwikkelingen die van invloed zijn op de draagkracht ontwikkeling van de Oosterschelde voor kokkels?' (Onderzoeksplan EVA II, Ens et al., 2000).

Met de aanleg van de Deltawerken is het dynamisch morfologisch evenwicht in de Oosterschelde verstoord, het systeem past zich sindsdien aan de nieuwe situatie aan. De geulen in de Oosterschelde zijn te ruim voor de (verkleinde) hoeveelheden water die er doorheen stromen, waardoor ze de neiging hebben om te verkleinen. Deze ontwikkeling gaat gepaard met erosie van zand boven de laagwaterlijn (de platen en de slikken) en zal zich nog lange tijd door zetten totdat weer een nieuwe evenwichtssituatie bereikt is. Consequentie van de grootschalige veranderingen in de Oosterschelde kan een afname van het beschikbare areaal geschikt kokkelhabitat zijn. Ook kan de voedselsituatie voor de schelpdieren verslechterd zijn doordat de sterk gereduceerde zoetwatertoevoer naar de Oosterschelde heeft geleid tot nutriëntenlimitatie van fytoplankton waardoor de primaire productie is afgenomen. Met de introductie van de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) is er een concurrent voor kokkels bijgekomen. De afgelopen twee decennia heeft deze schelpdiersoort zich zeer fors uitgebreid in de Oosterschelde. Competitie om ruimte en voedsel en predatie van kokkelarven door deze oesters zouden ook een negatieve invloed op het kokkelbestand kunnen hebben. Al sinds de jaren '70 wordt er in de Oosterschelde mechanisch gevist op kokkels. De invloed die deze vorm van kokkelvisserij uitoefent op de ruimtelijke verdeling van kokkelsbiomassa kan van betekenis zijn op doorvertaling naar voedsel voor vogels.

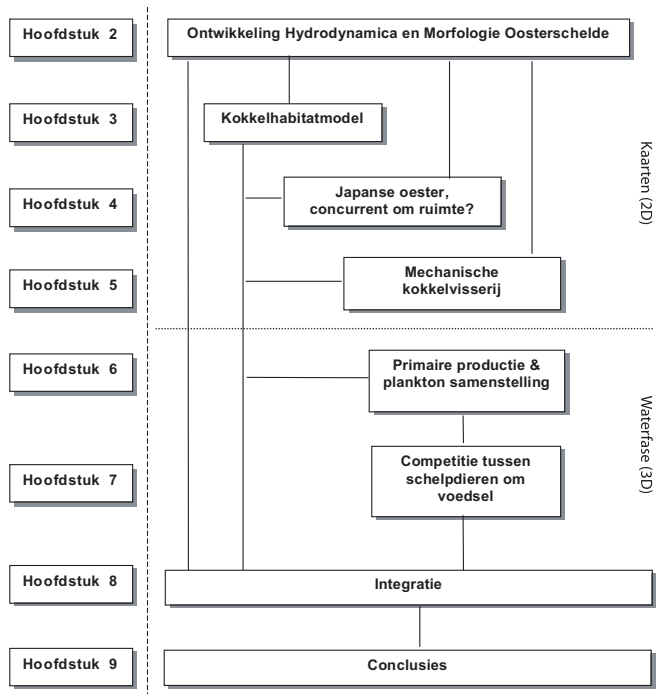
Gezamenlijk bepalen deze ontwikkelingen in belangrijke mate de huidige en toekomstige draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels. Naar verwachting bevindt deze zich op een lager niveau dan voorheen, een gegeven waarmee rekening gehouden dient te worden bij de formulering van toekomstig beleid ten aanzien van de mogelijkheden voor kokkelvisserij en de reservering van voedsel voor vogels in de Oosterschelde.

## 1.3 OPBOUW RAPPORT

Ten tijde van het 'Korte Termijn Advies Voedselreservering Oosterschelde' kon nog niet worden vastgesteld in hoeverre de vermeende terugloop in het kokkelbestand, naast visserijdruk en scholeksterpredatie, mede veroorzaakt werd door de autonome ontwikkeling van de Oosterschelde en de opkomst van de Japanse oester. Er zijn toen een aantal aanbevelingen voor verder onderzoek gedaan. Op basis van deze aanbevelingen is het 'Lange Termijn Onderzoeksprogramma Voedselreserve-ring Oosterschelde' opgesteld, waarin de onderzoeksdoelen m.b.t. draagkracht ingedeeld zijn in een thema 'Autonome ontwikkeling Oosterschelde' (2) en een thema 'Effecten van de ontwikkeling van de Japanse oester op kokkels' (3). Thema 1 (Verbetering van de berekeningsmethodiek voedselreservering Oosterschelde) valt buiten het bestek van dit rapport en staat beschreven in 'Draagkracht van de Oosterschelde voor scholeksters' (Rappoldt et al., 2003). De thema's 2 en 3 zijn concreet uitgewerkt in een aantal hypothesen en onderzoeksvragen, die in verschillende (deel)studies onderzocht zijn. In dit rapport zijn deze thema's niet expliciet terug te vinden. Er is juist voor gekozen om de resultaten van de verschillende studies op samenhangende en integrale wijze te presenteren.

De centrale hypothese ten aanzien van de autonome ontwikkeling van de Oosterschelde was dat er een effect is van veranderingen in geomorfologie en hydrodynamiek door de Deltawerken op de broedval en overleving van kokkels. Om te bepalen of het oppervlak aan intergetijdengebied en geulranden, waar de grootste kokkelbiomassa's voorkomen in de Oosterschelde, is afgenomen is in **Hoofdstuk 2** eerst de invloed van de aanleg van de Stormvloedkering en compartimenteringsdammen op de abiotische omgevingskarakteristieken van de Oosterschelde behandeld. Er is in dit hoofdstuk de nadruk gelegd op veranderingen in hydrodynamiek en morfologie, omdat hierin grote veranderingen zijn opgetreden en er met deze resultaten verder is gewerkt in de volgende hoofdstukken.

Vervolgens wordt in **Hoofdstuk 3** de modellering van kokkelhabitat met twee verschillende methoden gepresenteerd. Met deze habitatmodellering kan vastgesteld worden of de ruimtelijke variatie in kokkelbiomassa in de Oosterschelde gerelateerd is aan hydrodynamische



Figuur 1.3 Werkwijze draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels.

factoren, of de ruimtelijke variatie in kokkelbiomassa in de Oosterschelde een relatie vertoont met de hoogte in de getijdenzone, of het oppervlak geschikt kokkelhabitat in de Oosterschelde in de periode sinds de voltooiing van de Deltawerken tot nu toe is afgenomen en of er in de komende tijd nog verdere afname te verwachten is. Daartoe is voor vier tijdspannen (1985, 1994, 2001 & 2010) onderzocht hoe de geconstateerde veranderingen uit Hoofdstuk 2, zoals verminderde stroomsnelheden en een afnemende droogvalduur van intergetijdengebied, van invloed zijn op de geschiktheid van gebieden als kokkelhabitat.

Wat de sterke uitbreiding van de ingevoerde Japanse oester betreft worden uitsluitend negatieve effecten op het kokkelbestand verwacht omdat deze rifvormende schelpdieren mogelijk om ruimte en voedsel met kokkels concurreren. Tevens zou door predatie van deze oesters op kokkelarven de kans op een succesvolle kokkelbroedval verkleind kunnen worden. De opkomst van de Japanse oester is in **Hoofdstuk 4** besproken. Zowel het droogvallende (litorale) deel van het bestand als het gedeelte dat zich onder de laagwaterlijn bevindt (sublitoraal) komen hier aan bod. Ook wordt de interactie met andere organismen en natuurlijke vijanden besproken. In **Hoofdstuk 5** wordt de relatie van mechanische kokkelvisserij met de ruimtelijke verspreiding van kokkels onderzocht. Hierbij wordt de visserij-inspanning zowel vergeleken met de gemeten verspreiding van kokkels als met de vervaardigde habitatgeschiktheidskaarten. Ook vormen de visserij-intensiteitsgegevens mede een belang-

rijke bron voor een goede interpretatie van de habitatgeschiktheidskaarten. De twee grootste platen van de Oosterschelde, de Roggenplaat en de Vondelingsplaat worden in dit hoofdstuk uitgelicht en in detail besproken.

Niet alleen zijn er door de aanleg van de Oosterscheldeerwerken veranderingen opgetreden in morfologie en hydrodynamiek, ook is de toevoer van rivierwater naar de Oosterschelde sterk afgenomen. Een hypothese over deze afgenomen zoetwaterbelasting was dat er mogelijk nutriëntenlimitatie van het fytoplankton op zou kunnen treden, wat een afname van de primaire productie zou kunnen veroorzaken. Ook zou er een mogelijk effect van dalende nutriëntenconcentraties kunnen zijn op de soortensamenstelling van het fytoplankton. Dit zou de groeisnelheid van de kokkels in de Oosterschelde kunnen beïnvloeden. **Hoofdstuk 6** schetst daarom de veranderende voedselsituatie voor 'filtreerders', zoals de kokkel, in de Oosterschelde, waarbij de ontwikkeling in primaire productie door het fytoplankton en de samenstelling van dit plankton beschreven wordt. Daarbij zijn mogelijke verbanden tussen veranderingen in primaire productie en omgevingsvariabelen onderzocht.

Competitie om voedsel tussen kokkels, mosselen en oesters en de mogelijk interacties tussen begrazing en veranderende voedselaanbod voor schelpdieren worden ten slotte behandeld in **Hoofdstuk 7**. Ten eerste is daartoe de schelpdierbiomassa per deelgebied rond 1990 en rond 2000 gereconstrueerd. Vervolgens is met de filtratiesnelheden van de afzonderlijke schelpdieren berekend hoeveel tijd in 1990 en 2000 nodig was om elk deelgebied te filtreren. Door deze filtratietijd te combineren met de turnoversnelheden is de ontwikkeling per deelgebied geschetst. De effecten van een intensivering van de schelpdiergraas op de fytoplanktonsamenstelling en de kokkelgroei zijn tot slot besproken. Op basis van de in Hoofdstuk 7 gepresenteerde informatie is aangegeven in welke deelgebieden voedselcompetitie tussen schelpdieren het meest waarschijnlijk is, en mogelijk een verklaring kan vormen voor de ontwikkeling van het kokkelbestand in deze delen van de Oosterschelde.

**Hoofdstuk 8** omvat de integratie van de onderzoeksresultaten uit hoofdstukken 2 t/m 7 en een korte discussie over de betrouwbaarheid van de verschillende onderzoeksresultaten en de wijze waarop deze geïnterpreteerd zijn. De slotconclusies over de draagkracht van de Oosterschelde worden gegeven in **Hoofdstuk 9**.

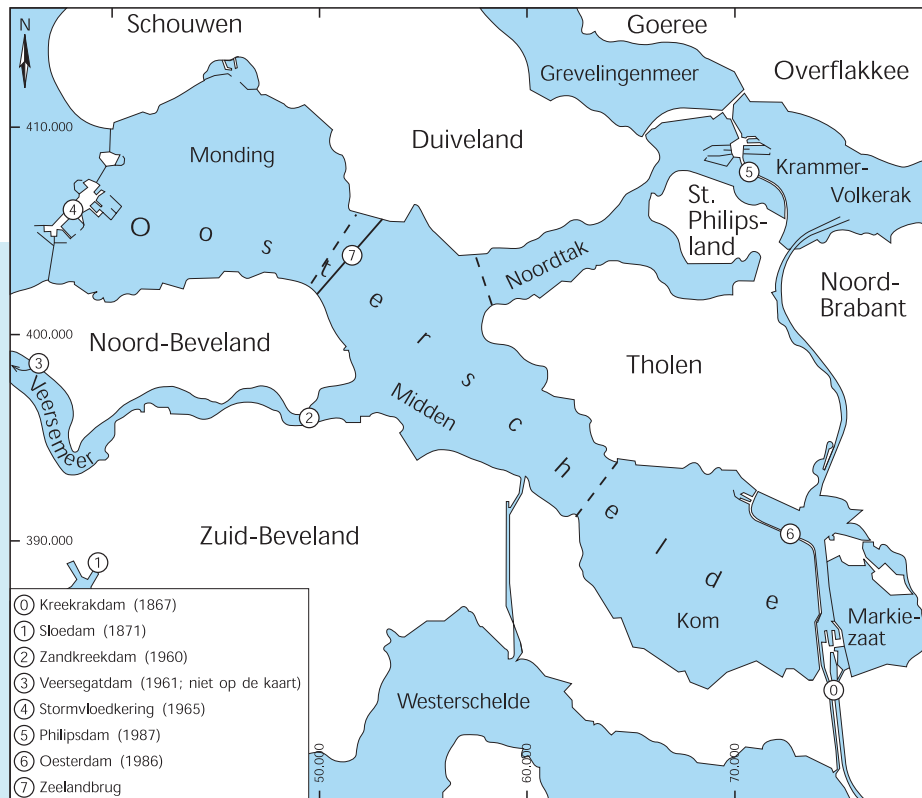
### Indicatie betrouwbaarheid onderzoeksresultaten

Voor de in dit rapport gepresenteerde resultaten zijn een groot aantal onderzoeksresultaten benut die ontleend zijn aan een zevental onderliggende rapportages. In alle gevallen zijn de best mogelijke gegevens gebruikt, en zijn de resultaten zo hard mogelijk. Indien resultaten met een grotere onbetrouwbaarheid zijn omgeven wordt dit expliciet in de tekst aangegeven.

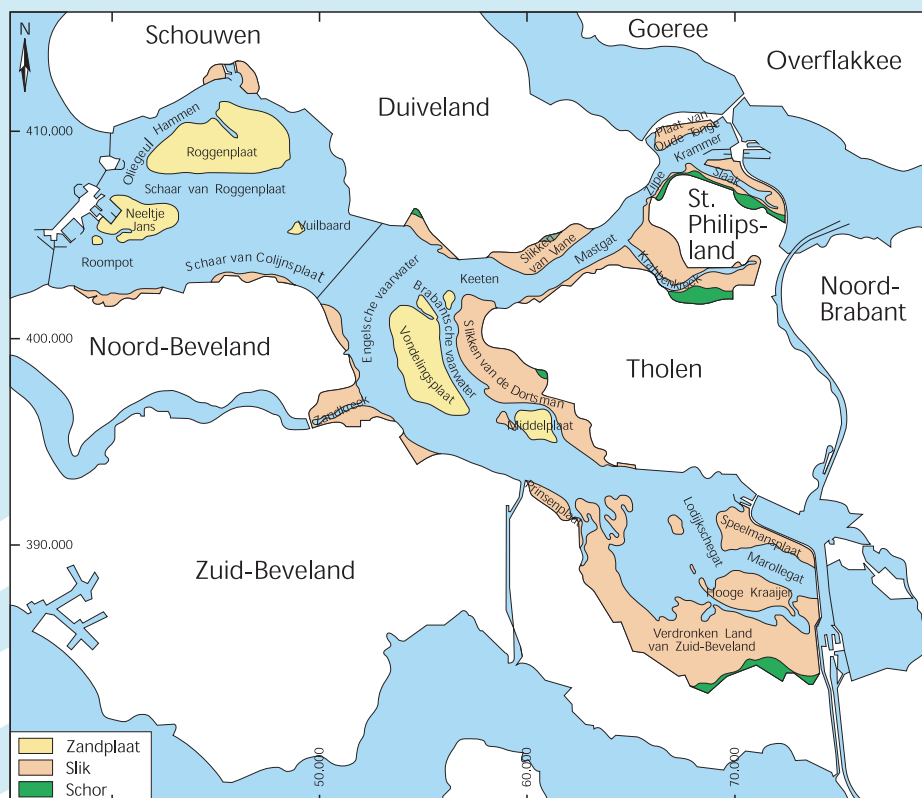
### Leeswijzer

Aan het begin van elk hoofdstuk wordt in een blauw kader een korte inleiding gegeven op de zaken die in het

desbetreffende hoofdstuk behandeld worden. In dit kader wordt ook verwezen naar het onderliggende rapport waarin meer informatie over de gebruikte methodiek te vinden is. Om de leesbaarheid van dit samenvattende rapport te bevorderen is het aantal literatuurverwijzingen bewust tot een minimum beperkt. Uiteraard zijn uitgebreide literatuurverwijzingen en -lijsten te vinden in de onderliggende rapporten die als pdf-bestanden zijn opgenomen op de bijgeleverde cd-rom. Tevens zijn de in dit rapport gepresenteerde kaarten in digitale vorm als presentatie opgenomen op de cd-rom, om onderlinge vergelijking te vergemakkelijken. Ter verduidelijking van de in dit rapport gebruikte termen en afkortingen is achter in dit rapport een verklarende woordenlijst opgenomen.



Figuur 2.1 De Oosterschelde na voltooiing van de Deltawerken. Er worden 4 deelgebieden onderscheiden (gestippelde lijnen): Monding, Middengebied, Kom en Noortak (Smaal & Boeijs, 1991).



Figuur 2.2 Locatie en naamgeving van slikken, platen en de belangrijkste geulen in de Oosterschelde.



## 2. VERANDERINGEN IN HYDRODYNAMIEK EN MORFOLOGIE DOOR AANLEG VAN DE OOSTERSCHELDEWERKEN

### INLEIDING

Na de stormvloedramp in februari 1953 werd het Deltaplan opgesteld, met als doel een veilige Delta. Met de voltooiing van de Deltawerken is de Oosterschelde veranderd van een estuarium in een getemde zeearm. In de monding van de Oosterschelde werd de Stormvloedkering aangelegd, een pijlerdam die onder normale omstandigheden een open verbinding met de zee toestaat, maar in geval van calamiteiten met beweegbare stalen schuiven gesloten kan worden. Omdat er gestreefd werd naar een getijloze scheepvaartverbinding tussen Antwerpen en Rotterdam, zoetwater langs de Brabantse wal voor de landbouw en het behoud van een zo groot mogelijk getijverschil binnen de Oosterschelde, was het noodzakelijk om tevens compartimenteringdammen aan te leggen.

Met deze ingrepen is de waterhuishoudkundige toestand in en rond de Oosterschelde gewijzigd: het gemiddelde getijverschil, de getijvolumina, de stroomsnelheden en de zoetwateraanvoer zijn afgenomen. Evenredig met deze afname zullen de geulen zich gaan opvullen. Zolang de opvulling niet is gerealiseerd lijdt de Oosterschelde aan zandhonger en zullen platen en slikken worden afgebroken. Dit morfologische proces wordt versterkt door de belemmering van de sedimentimport uit de Voordelta als gevolg van de barrièrewerking van de drempels in de Stormvloedkering en de afgenomen stroomsnelheden.

Om het effect van deze structurele veranderingen op de ontwikkeling van het kokkelbestand in de Oosterschelde vast te stellen, zijn in dit hoofdstuk de belangrijkste veranderingen in hydrodynamiek en morfologie beschreven. De afname van de stroomsnelheden en droogvalduur van platen en slikken zijn immers belangrijke invloedsfactoren op het kokkelhabitat (Hoofdstuk 3). Naast een beschrijving van de veranderende abiotische omstandigheden vanaf de aanleg van de Deltawerken tot nu toe, wordt tevens een prognose gegeven voor de situatie in 2010. Een uitvoerige beschrijving van de gehanteerde methodieken vindt u in het RIKZ-werkdocument 'Verandering van de morfologie van de Oosterschelde door aanleg van de Deltawerken' door Hesselink et al., 2003, RIKZ/OS/2003.810x.

### 2.1 GEBIEDSBSCHRIJVING EN VOORGESCHIEDENIS OOSTERSCHELDE

#### Gebiedsindeling

De Oosterschelde is een grootschalig getijdensysteem dat gesitueerd is in zuidwest Nederland. Het neemt een centrale plaats in in het Deltagebied van de rivieren Rijn, Maas en Schelde. In de huidige Oosterschelde worden vier deelgebieden onderscheiden: Monding (West), Middengebied (Centraal), Kom (Oost) en Noordtak (Noord) (Figuur 2.1). Deze gebiedsindeling wordt ook verder in dit rapport gehanteerd. Aan de westzijde wordt de Oosterschelde begrensd door de Stormvloedkering en aan de oostzijde door de Oesterdam (Kom) en door de Philipsdam / Grevelingendam (Noordtak) (Figuur 2.1).

#### Intergetijdengebied

Het buitendijkse gebied dat tussen laag- en hoogwater ligt, wordt het intergetijdengebied genoemd. Dit gebied bestaat uit een gedeelte dat aan land grenst, de slikken, de hoger liggende schorren en een gedeelte dat niet aan land grenst, de platen. Figuur 2.2 geeft de locatie en naamgeving aan van de belangrijkste slikken, platen en geulen in de Oosterschelde, zoals deze in dit rapport gebruikt zijn.

De ontwikkeling en de dimensies van het intergetijdengebied worden bepaald door de wisselwerking tussen 1) eroderende en sediment transporterende krachten als golven en stroming (aangedreven door wind en getij) en 2) weerstandskrachten afhankelijk van de korrelgrootte en cohesie van het sediment. De eroderende en sediment transporterende krachten kennen een duidelijke ruimtelijke differentiatie binnen de huidige Oosterschelde:

- stroomsnelheden zijn in de Monding het grootst en in de Kom het kleinst;
- getijverschil is in de Monding het kleinst en in de Kom het grootst;
- golfhoogte zal, als gevolg van de overheersende windrichting vanuit het westen, aan de westzijde van een plaat of slik groter zijn dan aan de oostzijde.

Ook de belangrijkste weerstandskrachten hebben een ruimtelijke component:

- korrelgrootte neemt van de Monding in de richting van de Kom af;
- resistente (ondiep gelegen) afzettingen zoals klei- en veenlagen komen voornamelijk achterin het bekken voor, waar zij bepalend zijn voor het voorkomen en de vorm van de slikken.

#### Historische ontwikkeling van de Delta (naar Fischer, 1997)

De Oosterschelde heeft in de loop van de tijd een enorme gedaanteverwisseling ondergaan. In de Romeinse Tijd monde de Schelde uit in de Noordzee. De kleine zeearm lag ongeveer op de plaats van de huidige Oosterschelde. De mens vestigde zich op grote schaal in het uitgestrekte veengebied wat nu het Nederlands Deltagebied is. Door het graven van sloten werd de natuurlijke ontwatering gestimuleerd waardoor inklinking optrad. De maaiveldvaling werd verder gestimuleerd door veenaafgravingen. Het veenpakket werd overstroomd vanuit zee en geulen begonnen zich in te snijden in het veen. Hierdoor ontstond een uitgestrekt systeem van zeegaten en getijdengeulen. De uitbreiding van het intergetijdengebied ging door totdat men in de vroege middeleeuwen (11<sup>e</sup> eeuw) de eerste dijken aanlegde.

Nadat in de 12<sup>e</sup> eeuw alle getijdengebieden omringd waren door een dijk, kon de menselijke invloed in het gebied exponentieel toenemen. Door continuerende ontwatering en veenaafgravingen bleven grote delen van het land dalen en nam het gevaar van dijkdoorbraken bij stormvloed toe. In 1531 deed zich één van de meest dramatische overstromingen voor, de zogenaamde Sint Felixvloed, waarbij het Verdrongen Land van Zuid-Beveland ontstond (het huidige Komgebied van de Oosterschelde). In de 16e eeuw was de Oosterschelde uitgegroeid van een kleine zee-arm tot een breed estuarium met getijdengeulen en zandplaten, slikken en schorren. Aan het eind van de

Middeleeuwen was ten gevolge van het landverlies in het Oosterschelde estuarium het getijvolume met miljoenen kubieke meters toegenomen. De getijdengeulen pasten zich hieraan aan en werden dieper; zijwaartse uitbreiding van de geulen was vaak niet mogelijk door de aanwezigheid van dijken. De afwatering van de rivier de Schelde via de Oosterschelde nam steeds verder af. Daarentegen werd de Oosterschelde belangrijk als afwa-teringsgebied van Maas en Rijn.

In 1867 is de verbinding tussen de Oosterschelde en de Westerschelde verzand. Deze verbinding werd definitief afgesloten door de aanleg van een spoordijk door de Kreekrak. In 1871 is de laatste verbinding tussen de Oosterschelde en de Westerschelde, via het huidige Veerse Meer, afgesloten met de aanleg van de spoordijk door het Sloe tussen Walcheren en Zuid-Beveland. In de Oosterschelde zelf voerde men in die periode steeds meer bagger- en kanalisatiewerkzaamheden uit. Deze ingrepen veroorzaakten in de periode 1870 tot 1960 een getijvolumevergroting van ongeveer 15%. Mede als reactie hierop ontstond in de monding een nieuwe geul, het Schaar van Roggenplaat (Figuur 2.2).

#### Deltawerken

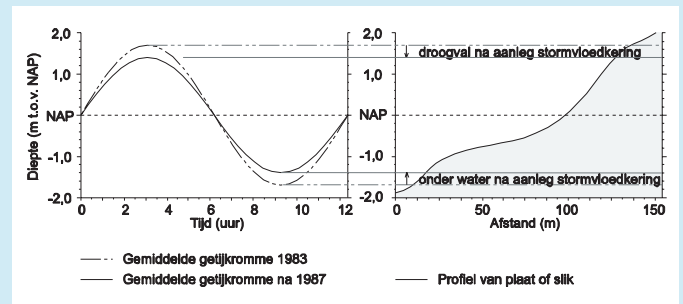
Na de stormvloedramp van 1953 werd in 1959 begonnen met de uitvoering van het Deltaplan. Als eerste werd het Veerse Meer ingedamd met de Zandkreekdijk (1960) en de Veersegetdijk (1961) (Figuur 2.1). Door de afsluiting van de Grevelingen (1960-1964) en het Volkerak (1969) nam in de periode 1960-1983 het getijvolume in de Oosterschelde met 8% toe. De totale toename van het getijvolume tussen 1872 en 1983 leidde tot een export van circa 340 miljoen m<sup>3</sup> zand uit de Oosterschelde naar zee (Van den Berg, 1986). In tegenstelling tot het oorspronkelijke plan (volledige afsluiting) werd in 1976 besloten tot de bouw van een pijlerdam als Stormvloedkering, om behalve de veiligheid van het achterland ook de natuurwaarde in de Oosterschelde te waarborgen. In 1986 is deze in gebruik genomen. Om een zo groot mogelijk getijverschil te behouden na de aanleg van de Stormvloedkering moest het bekkenvolume verkleind worden. Hiertoe werden in het oostelijke deel van de Oosterschelde compartimenteringsdammen gebouwd. Met het gereed komen van de Oesterdam in 1986 en de Philipsdam in 1987, waren de Deltawerken rond de Oosterschelde voltooid.

## 2.2 VERANDERINGEN IN HYDRODYNAMIEK DOOR AANLEG VAN DE OOSTERSCHELDEWERKEN

Door de aanleg van de Oosterscheldewerken is de waterhuishouding van de Oosterschelde gewijzigd: het gemiddeld getijverschil, de getijvolumina, de stroomsnelheden en de zoetwateraanvoer zijn afgenomen. Terwijl in het verleden de waterhuishouding werd beïnvloed door de zoetwaterafvoer, staat het gebied tegenwoordig als zeearm vooral onder invloed van het mariene kustwater (van Berchum & Wattel, 1996). De belangrijkste verschillen in hydrodynamische karakteristieken van de Oosterschelde vóór en na de aanleg van de Deltawerken worden in tabel 2.1 weergegeven.

### Afname oppervlakte intergetijdengebied

De totale oppervlakte van de Oosterschelde is van 452 naar 351 km<sup>2</sup> teruggebracht door de aanleg van de compartimenteringsdammen (Smaal & Boeije, 1991). De afgenomen oppervlakte intergetijdengebied (van 183 naar 118 km<sup>2</sup>) is hier een gevolg van. Deze afname wordt echter ook deels veroorzaakt door een kleiner verschil tussen gemiddeld hoog- en laagwater; het hoogwater is minder hoog en het laagwater is minder laag geworden. Hierdoor is zowel een gedeelte van het hoogst als het laagst gelegen intergetijdengebied verdwenen (Figuur 2.3).



Figuur 2.3 De gemiddelde getijslag in de Oosterschelde (Yerseke) voor en na de aanleg van de Oosterscheldewerken.

### Afname stroomsnelheden

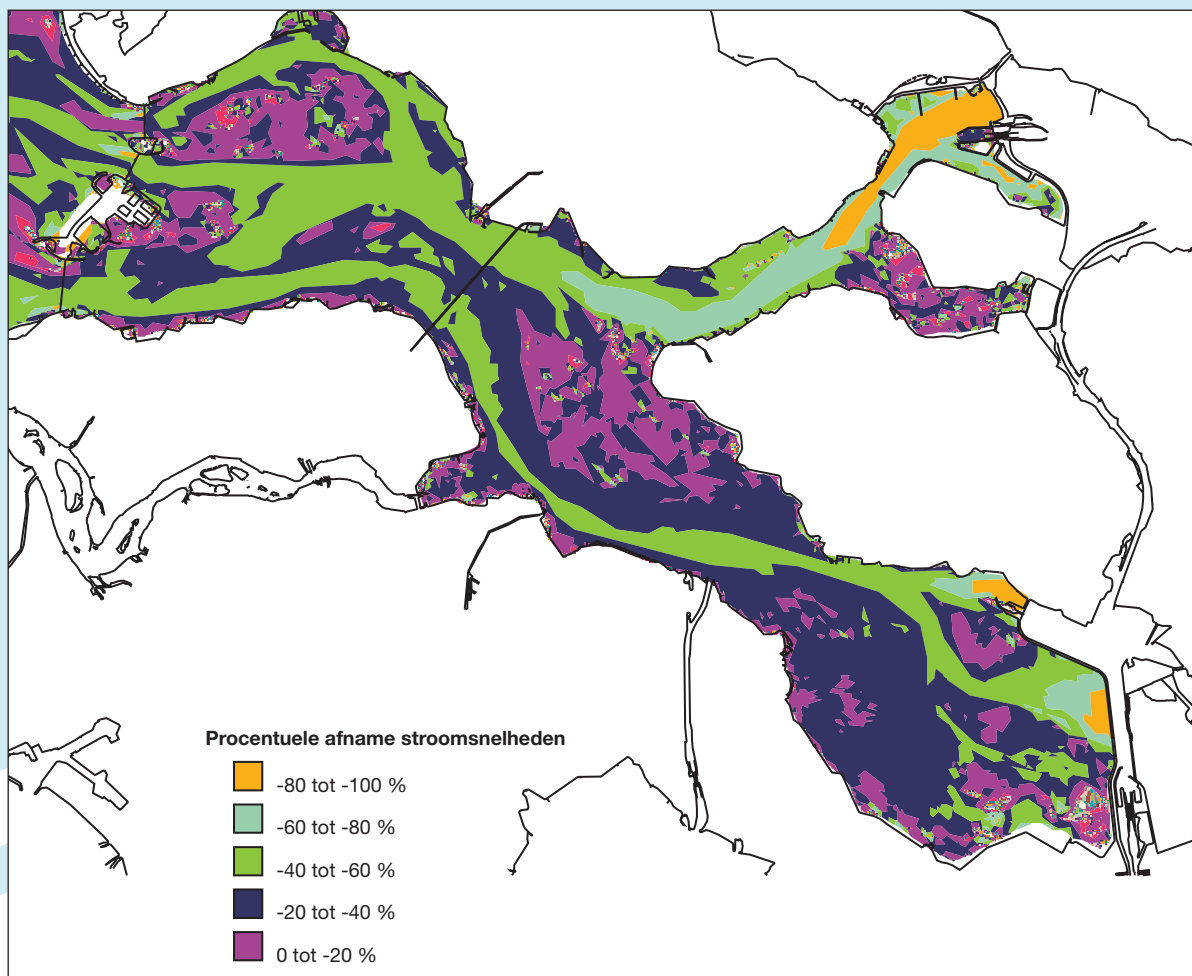
Door de aanleg van de Stormvloedkering is de doorstroomopening in de monding van de Oosterschelde verkleind van 80.000 naar 17.900 m<sup>2</sup> (bij een volledig geopende Stormvloedkering). Het gemiddelde getijvolume is afgenomen van 1.230 naar 880 miljoen m<sup>3</sup> (Tabel 2.1). Door de sterk verkleinde doorstroomopening en het verhoudingsgewijs groot gebleven gemiddelde getijvolume stroomt er in de huidige situatie meer water per tijdseenheid door een kleinere opening de Oosterschelde binnen dan voorheen. Lokaal zijn hierdoor de stroomsnelheden en turbulentie bij de Oosterscheldekering toegenomen. Op de schaal van de gehele Oosterschelde echter, zijn in alle deelgebieden zowel de gemiddelde als de maximale stroomsnelheden gedaald.

Tabel 2.1 Hydrodynamische karakteristieken van de Oosterschelde voor en na de aanleg van de Deltawerken (Nienhuis & Smaal, 1994).

	Pre-Oosterscheldewerken	Post-Oosterscheldewerken
Totaal oppervlak, km <sup>2</sup>	452	351
Water oppervlak, km <sup>2</sup>	362	304
Intergetijdengebied, km <sup>2</sup>	183	118
Doorstroom Stormvloedkering in open stand, m <sup>2</sup>	80.000	17.900
Gemiddelde getijslag, Yerseke, m	3,70	3,25
Maximale stroomsnelheid, m s <sup>-1</sup>	1,5	1,0
Verblijftijd, dagen	5-50	10-150
Gemiddeld getijvolume, m <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup>	1.230	880
Totaal watervolume, m <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup>	3.050	2.750

Met het waterbewegingsmodel SCALOOST zijn stroomsnelheden berekend voor de situatie voor en na het gereedkomen van de Oosterscheldewerken in 1987, respectievelijk 1983 en 1996. De verschilkaart van deze twee situaties laat de procentuele afname van de maximale stroomsnelheden bij eb en bij springtij zien (Figuur 2.4). Aangezien de stroomsnelheden berekend zijn met een 2D-model, geeft deze kaart een dieptegemiddeld beeld, waardoor verschillen die in werkelijkheid in de verticaal optreden uitgemiddeld worden. Ook dient opgemerkt te worden dat de Stormvloedkering niet in het model is opgenomen en dat de lokale verhoging van de stroomsnelheden

dus niet in de onderstaande figuur is weergegeven. Figuur 2.4 laat zien dat verreweg de grootste afname van de maximaal berekende stroomsnelheden optreden in het Zijpe (Noordtak; Figuur 2.1) en het oostelijke deel van de Kom: 80 tot 100% lagere snelheden in 1996 dan in 1983. De afname van de berekende stroomsnelheden in de geulen (40 tot 60%, groen) is veel groter dan de afname op slikken en platen (0 tot 20%, lichtpaars). De met het waterbewegingsmodel SCALOOST berekende stroomsnelheden zijn benut bij het ontwikkelen van het kokkelhabitatmodel en bij het vergelijken van de relaties tussen kokkels en abiotische omgevingsvariabelen in de situaties voor en na de werken (Hoofdstuk 3).



Figuur 2.4 Stroomsnelheden verschilkaart (in %) 1983-1996, maximale stroomsnelheden bij eb, springtij.

### 2.3 EROSIE VAN HET INTERGETIJDEGEBIED: ZANDHONGER

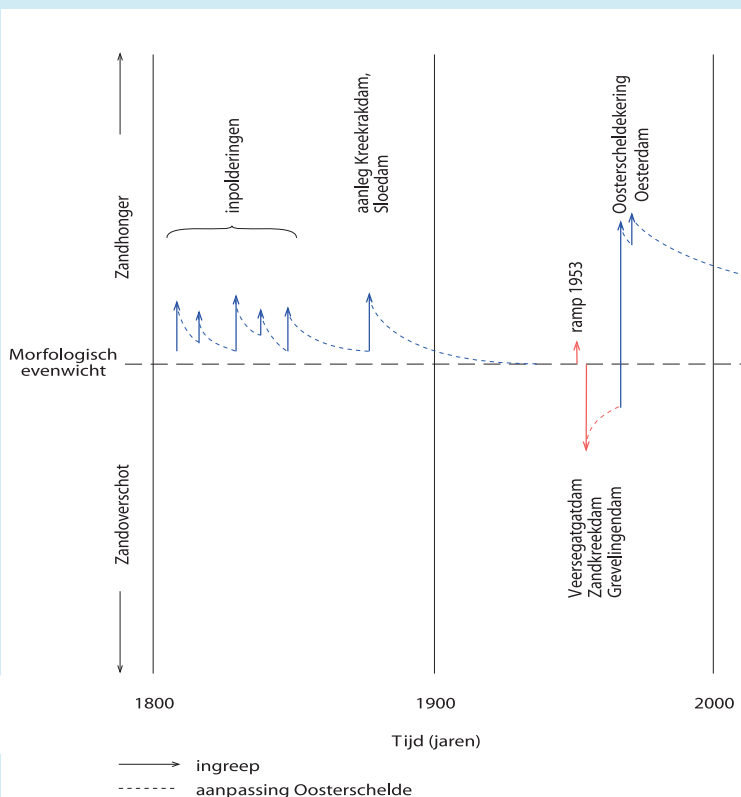
De bouw van de Stormvloedkering en de compartimenteringsdammen heeft geresulteerd in een aantal veranderingen die onmiddellijk na de voltooiing van de werken ingesteld zijn, zoals een vermindering van het getijvolume en verkleining van de getijslag (Tabel 2.1, Figuur 2.3). De morfologische aanpassing van het systeem aan de nieuwe situatie strekt zich, in tegenstelling tot aanpassingen in hydrodynamiek, over een veel langere periode uit. Het doorstroomoppervlak van de geulen is nog te groot en de geulen zullen daarom de neiging hebben om aan te zanden (ondieper en minder breed worden). Opvulling van de geulen is de eerste stap in de realisatie van een nieuw dynamisch evenwicht. Zolang dit niet is bereikt lijden de geulen aan 'zandhonger'. Overigens is dit geen nieuw fenomeen.

In de afgelopen eeuwen hebben waterstaatkundige werken er ook toe geleid dat er zandhonger ontstond. Dat zand werd vanuit de Noordzee en/of de Voordelta naar de Oosterschelde getransporteerd. Het afdammen van belangrijke getijdsystemen als de Grevelingen en het Veerse Gat na de watersnoodramp leidde ertoe dat tot de aanleg van de Oosterscheldewerken juist het omgekeerde optrad: in plaats van zandhonger 'leed' de Oosterschelde aan een zandoverschot (Figuur 2.5). De schaal waarop veranderingen door de aanleg van de Deltawerken in een relatief korte tijdsperiode zijn geïnduceerd, is echter uniek.

In de huidige situatie vormt de Oosterscheldekering een belemmering voor de import van zand vanuit de Voordelta en de Noordzee. Dit heeft als consequentie dat het zoeken van het systeem naar een morfologisch evenwicht leidt tot een herverdeling van zand in de Oosterschelde. Dit is een proces van eeuwen, waarbij het zelfs de vraag is of het bereiken van een morfologisch evenwicht werkelijk mogelijk is.

Vóór de aanleg van de Stormvloedkering werden de platen en slikken vooral opgebouwd tijdens omstandigheden met springtij en rustig weer. Afbraak vond plaats door de golfwerking gedurende storm. Sinds het gereedkomen van de Stormvloedkering is de hoeveelheid water die door de geulen getransporteerd wordt zo'n 30% lager, terwijl de dimensionering van deze geulen aanvankelijk gelijk bleef. De lagere gemiddelde stroomsnelheden zorgden voor een drastische afname in plaatopbouw vanuit de geulen, terwijl de afbraak van intergetijdengebied door de golven daarentegen gewoon doorging.

Bovendien speelt incidenteel nog een ander proces in de Oosterschelde dat een vergelijkbaar effect oplevert. In geval van zware stormen en hoge waterstanden wordt de Stormvloedkering namelijk gesloten om het achterland te beschermen tegen overstromingen. Onder deze omstandigheden kan er een versnelde erosie plaatsvinden van het intergetijdengebied door aanhoudende golfaanvallen die dan op één waterstandsniveau inwerken. Deze golfaanvallen hebben een erg erosief karakter, waardoor een verlaging en achteruitgang van 20 cm per sluiting heel gewoon is. Door met de Stormvloedkering per sluiting de waterstanden tussen +1 m NAP en +2 m NAP te laten variëren, worden de negatieve effecten van een sluiting op platen en slikken zo veel mogelijk voorkomen.



Figuur 2.5 Ontwikkeling van de zandhonger in de Oosterschelde vanaf 1800 (mond. med. ing. P. Roelse).

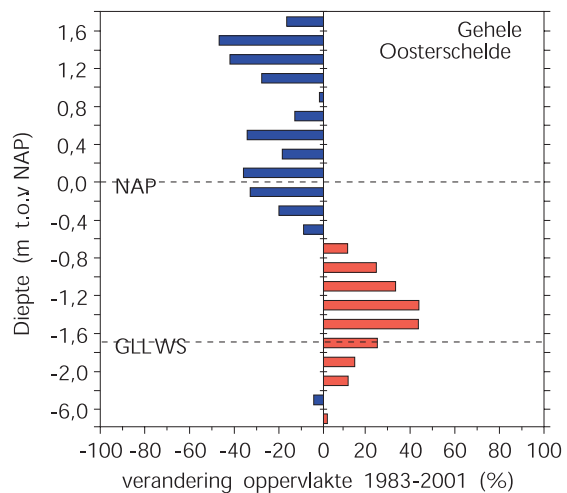
### Afvlakking van platen en slikken

De sedimentbron die binnen de Oosterschelde wordt aangesproken om de zandhonger van de geulen te stillen is het intergetijdengebied. Dáár verdwijnt het zand naar de geulen. Dat proces voltrekt zich al duidelijk in de Oosterschelde. Om te bepalen wat de meetbare erosie van platen en slikken door het zandhongerproces tot nu toe is, zijn gebiedsdekkende meetgegevens van hoogtes en dieptes gebruikt. Daarmee zijn drie Oosterschelde-dekkende GIS-kaarten met hoogtes en dieptes gemaakt van 1983, 1993-1995 en 2001.

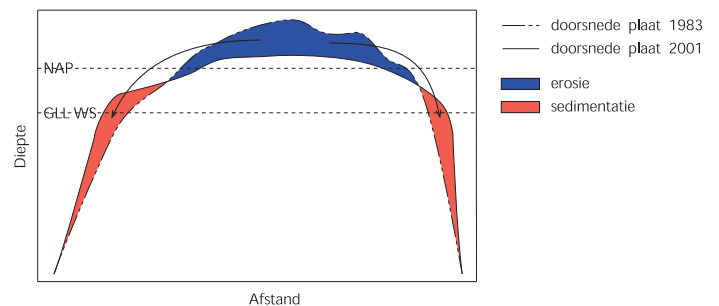
Deze gegevens komen uit het MWTL-monitoringsprogramma van Rijkswaterstaat waarin de dieptes (in de geulen) bepaald worden met zogenaamde vaklodingen en hoogtes (op de platen en slikken) met waterpassingen worden opgenomen. In 2001 is voor het eerst gebruik gemaakt van laseraltimetrie, een nieuwe opnametechniek voor hoogtebepaling die zeer gedetailleerdere informatie geeft. Door de vaklodingen en waterpassingen rond een peiljaar samen te voegen werd een gebiedsdekkende kaart verkregen. De mate van erosie van hoger gelegen intergetijdengebied en sedimentatie rond de laagwaterlijn kan bepaald worden door een verschilkaart te maken op basis van de hoogte/diepte-kaarten van 1983 en 2001. Hieruit is de areaalverandering per hoogteklaas berekend. Voor de gehele Oosterschelde laat Figuur 2.6 zien wat het gemeten verschil per hoogteklaas is.

Uit Figuur 2.6 blijkt dat er duidelijke omslagpunten zijn te vinden waar erosie overgaat in sedimentatie en sedimentatie overgaat in erosie. Voor de gehele Oosterschelde geldt dat boven NAP -0,6 m de platen en slikken onderhevig zijn aan erosie. Dit wordt afgezet in de zone tussen NAP -0,6 m en NAP -5,0 m.

In Figuur 2.7 is dit erosiepatroon schematisch uitgebeeld. Op basis van de huidige gegevens lijkt dit erosieproces in een aantal stappen te verlopen, waarbij de zandplaten en slikken zich eerst aangepast lijken te hebben aan de nieuwe, verkleinde maar tegelijkertijd meer geconcentreerde getijslag (Figuur 2.3). Er is hierbij niet zozeer sprake van erosie van de zijanten van platen, maar eerder van een afvlakking van de hoogste delen van de platen en slikken. Het zand dat van de hoogste plaatdelen verdwijnt wordt aan de zijkant van de plaat als 'schouders' rond de Gemiddeld Laag Laagwaterlijn (GLLWS) weer afgezet. Hoewel het precieze verloop van



Figuur 2.6 Procentuele toe- of afname van de afzonderlijke hoogteklassen in de Oosterschelde, tussen 1983 en 2001. (blauw=erosie, rood=sedimentatie).



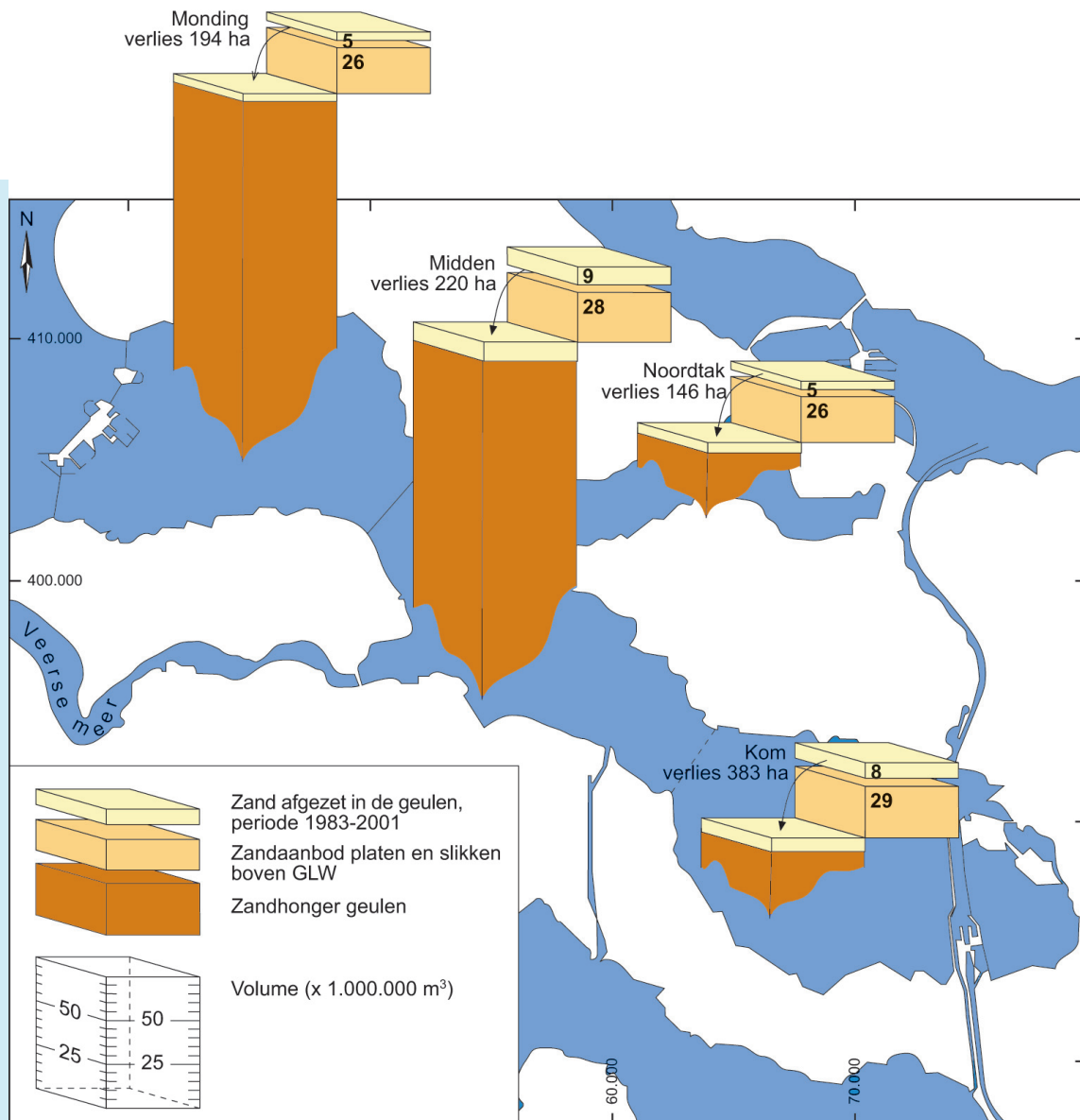
Figuur 2.7 Schematische weergave van het effect van het erosieproces op de ontwikkeling van een plaat in de Oosterschelde.

erosie nog niet bekend is, wordt verwacht dat als de top van de plaat zich heeft aangepast aan de nieuwe getijslag, de erosie van plaatranden weer zal toenemen en de plaat zijn natuurlijke 'bolling' weer terug zal krijgen, zij het op een lager hoogteniveau dan voorheen.

### Prognose voor de toekomst

Netto is er sinds de aanleg van de Deltawerken sprake van verlaging van het intergetijdengebied in de Oosterschelde. Dit zandhongerproces is bij de aanleg van de Stormvloedkering reeds voorspeld in de Geomorstudie (Kohsiek et al., 1987), waarin bepaald is dat de zandhonger van de geulen van de Oosterschelde





Figuur 2.8 Zandhongerprobleem Oosterschelde per deelgebied. Lichtgeel = de hoeveelheid zand (in miljoenen m³) die in het deelgebied afgezet is in de geulen in de periode 1983-2001, lichtoranje = de resterende hoeveelheid zand die nog in het deelgebied aanwezig is in het intergetijdengebied (in miljoenen m³) en donkeroranje = indicatie van de resterende zandhonger in het deelgebied die nog gestild moet worden voor het morfologische evenwicht weer bereikt is (totaal Oosterschelde: 400 miljoen m³).

ongeveer 400 tot 600 miljoen m³ zand bedraagt. Hoewel er bij recent literatuuronderzoek (van Maldegem, 1998) een bijgestelde schatting gemaakt is in de orde van 400 miljoen m³, betekent dit dat bij volledige afbraak van het intergetijdengebied nog steeds een zandtekort in de orde van 200 miljoen m³ zal blijven bestaan. Hierbij is geen rekening gehouden met de te verwachten zeespiegelstijging, waardoor de zandhonger van de Oosterschelde nog groter zal worden. Geconcludeerd moet worden dat het daarmee erg waarschijnlijk is dat het

intergetijdengebied in de komende jaren (eeuwen) grotendeels uit de Oosterschelde zal verdwijnen, tenzij adequate maatregelen worden genomen.

Met behulp van de gebiedsdekkende hoogte/diepte kaarten uit 1983 en 2001 is naast het verschil in hoogte en oppervlakte ook het verschil in zandinhoud van het intergetijdengebied berekend. Als het inhoudsverschil van het intergetijdengebied tussen 1983 en 2001 per deelgebied weergegeven wordt, ontstaat Figuur 2.8.

## 2.4 DIRECT EFFECT PLAATVERLAGING: VERKORTING DROOGVALDUUR

### Effectketen verlaging intergetijdengebied

De grootste consequentie van het verlagen van de platen en slikken in de Oosterschelde is de verkorting van de tijd die deze gebieden per getij droogvallen. Dit betekent dat het steeds langer duurt voordat er delen droogvallen en als er bepaalde delen droogvallen deze sneller weer overspoelen. Een verkorte droogvalduur vertaalt zich direct door naar een inkorting van de tijd die vogels per getij hebben om te foerageren. Naast de inkorting van de tijd die vogels hebben om hun voedsel te verzamelen zijn er mogelijk ook effecten op de habitatgeschiktheid voor kokkels (zie Hoofdstuk 3). Tot op heden is nog geen duidelijk effect van de verkortende droogvalduur te zien geweest op de vogelaantallen in de Oosterschelde, maar dit zal op termijn zeker veranderen. Doordat het gebruik van het intergetijdengebied in de Oosterschelde door vogels gedurende de getijcyclus grotendeels onbekend is, is het op dit moment ook nog onduidelijk of rekening gehouden moet worden met een geleidelijke of plotselinge afname van de vogelpopulatie. Wel kan verwacht worden dat afhankelijk van de mate waarin een vogelsoort zich kan aanpassen aan de veranderende omstandigheden en de mate waarin alternatieve prooien beschikbaar zijn, effecten eerder of later tot uiting zullen komen in de vogelaantallen per soort.

### Berekeningswijze

Om de droogvalduur van het intergetijdengebied in de Oosterschelde te bepalen is gebruik gemaakt van de drie hoogte/dieptekaarten uit 1983, 1993-1995 en 2001 en de gemeten waterstandsgegevens van een aantal locaties in de Oosterschelde in de desbetreffende jaren. Met deze waterstandsgegevens is de overschrijdingsfrequentie van de verschillende hoogteklassen bepaald. De droogvalduur wordt uitgedrukt als een percentage van de totale tijd. Hiervoor zijn de waterstandgegevens (elke 10 minuten) van het hele peiljaar gebruikt. Variaties in de waterstand door spring- en doodtij, windkracht en -richting, seizoen enzovoorts zijn dus meegenomen.

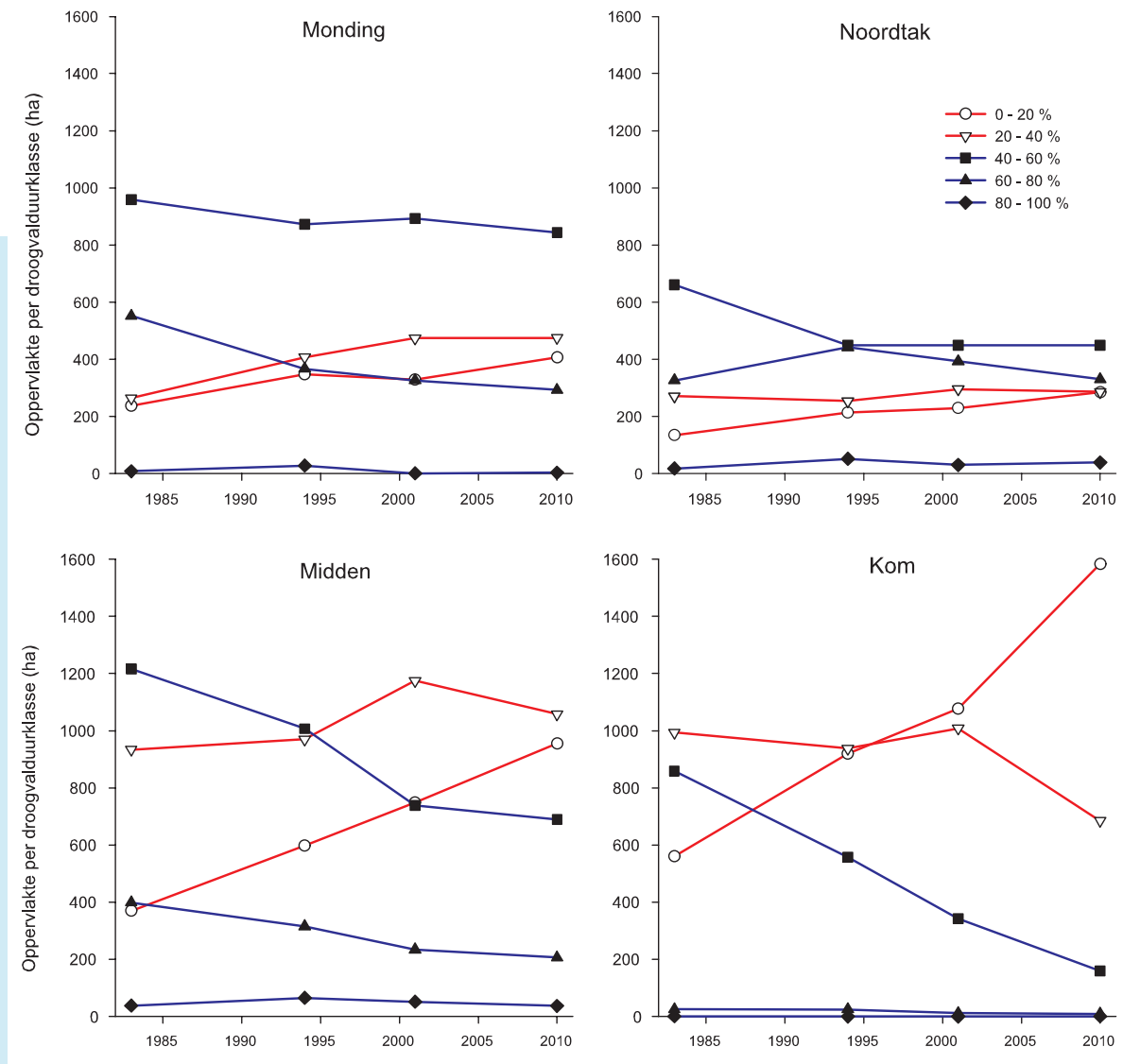
Aangezien mag worden verwacht dat de doorwerking

van plaatverlaging in de toekomst een steeds groter effect zal laten zien, is besloten een prognose van de hoogte/diepteligging in 2010 te maken zodat hiermee de droogvalduur in 2010 berekend kan worden. Voor de berekening van de droogvalduur in 2010 zijn naast de geprognostiseerde hoogteligging 2010 de getijgegevens uit 2001 gebruikt. In de discussie van dit hoofdstuk zijn de hierbij optredende onnauwkeurigheden besproken.

### Resultaten

De snelheid waarmee het erosieproces zich tot nu toe voltrekt, verschilt per deelgebied van de Oosterschelde (Figuur 2.8). Dit betekent dat ook de ontwikkeling van de droogvalduur per deelgebied verschilt. Om een vergelijking te maken tussen de berekende droogvalduur van platen en slikken in de gehele Oosterschelde in 1983, 1994, 2001 en de prognose voor 2010, is per deelgebied de oppervlakte per droogvalduurklasse berekend (Figuur 2.9). Het verschil per deelgebied hangt af van de dimensies van de slikken en platen. Als bijvoorbeeld een plaat erg hoog is en bij hoogwater niet meer onder water komt te staan (bijv. de Roggenplaat in het deelgebied Monding) zal erosie en verlaging van deze plaat weinig effect hebben op een verandering van de droogvalduur. De droogvalduur van een plaat die wel een deel van de tijd onder water staat (bijv. de Vondelingsplaat in het deelgebied Midden) zal bij erosie afnemen.

Uit Figuur 2.9 is af te leiden dat de toename van de lagere droogvalduurklassen (0-20%) ten koste van de hogere droogvalduurklassen (40-60%, 60-80%) het sterkst tot uitdrukking komt in de Kom en het Midden van de Oosterschelde. In de Noordtak, waar tevens de grootste afname van stroomsnelheden heeft plaatsgevonden (Figuur 2.4), lijkt vooral direct na het gereedkomen van de Deltawerken een aanpassing te hebben plaatsgevonden. Vergelijking van de sterke afname van de droogvalduur in de Kom en het Middengebied met de afname van het areaal intergetijdengebied in deze deelgebieden (Figuur 2.8) laat zien dat met oppervlakte alleen het probleem niet goed in kaart gebracht wordt. Alleen door de hoogteligging van gebieden mee te nemen wordt de werkelijke omvang van het probleem duidelijk, de afname van droogvalduur is een sluipend proces dat in verhouding tot het verdwijnen van oppervlakte intergetijdengebied al veel eerder consequenties voor de



Figuur 2.9 Oppervlakte per droogvalduurklasse (als % van de totale tijd) per deelgebied van de Oosterschelde in 1983, 1993, 2001 en een prognose voor 2010. De laagste delen van het intergetijdengebied hebben een droogvalduur van 0-20%. De hoogste delen van het intergetijdengebied hebben een droogvalduur van 80-100%. De rode lijnen geven een afname aan, de blauwe een toename.

voedseleecologie van vogels en de habitatgeschiktheid voor kokkels zal kunnen hebben.

## 2.5 INDIRECTE EFFECTEN VAN EROSIIE VAN INTERGETIJDEN- GEBIED EN AFGENOMEN STROOMSNELHEDEN

Naast de verkorting van de droogvalduur zijn er een aantal indirecte gevolgen van plaaterosie en afgenomen stroomsnelheden waar te nemen in de Oosterschelde. Het betreft grootschalige processen die mogelijk van invloed kunnen zijn op de draagkracht van het Oosterscheldesysteem voor kokkels, maar waarover op dit moment slechts zeer beperkt informatie beschikbaar is. De ecologische betekenis van deze 'overige veranderingen' in de abiotische omgeving wordt op dit moment

kleiner ingeschat dan de verder afnemende droogvalduur, maar deze betekenis zou in de toekomst groter kunnen worden. Hoewel er vele abiotische veranderingen op te noemen zijn, worden er in deze paragraaf twee voorbeelden gegeven.

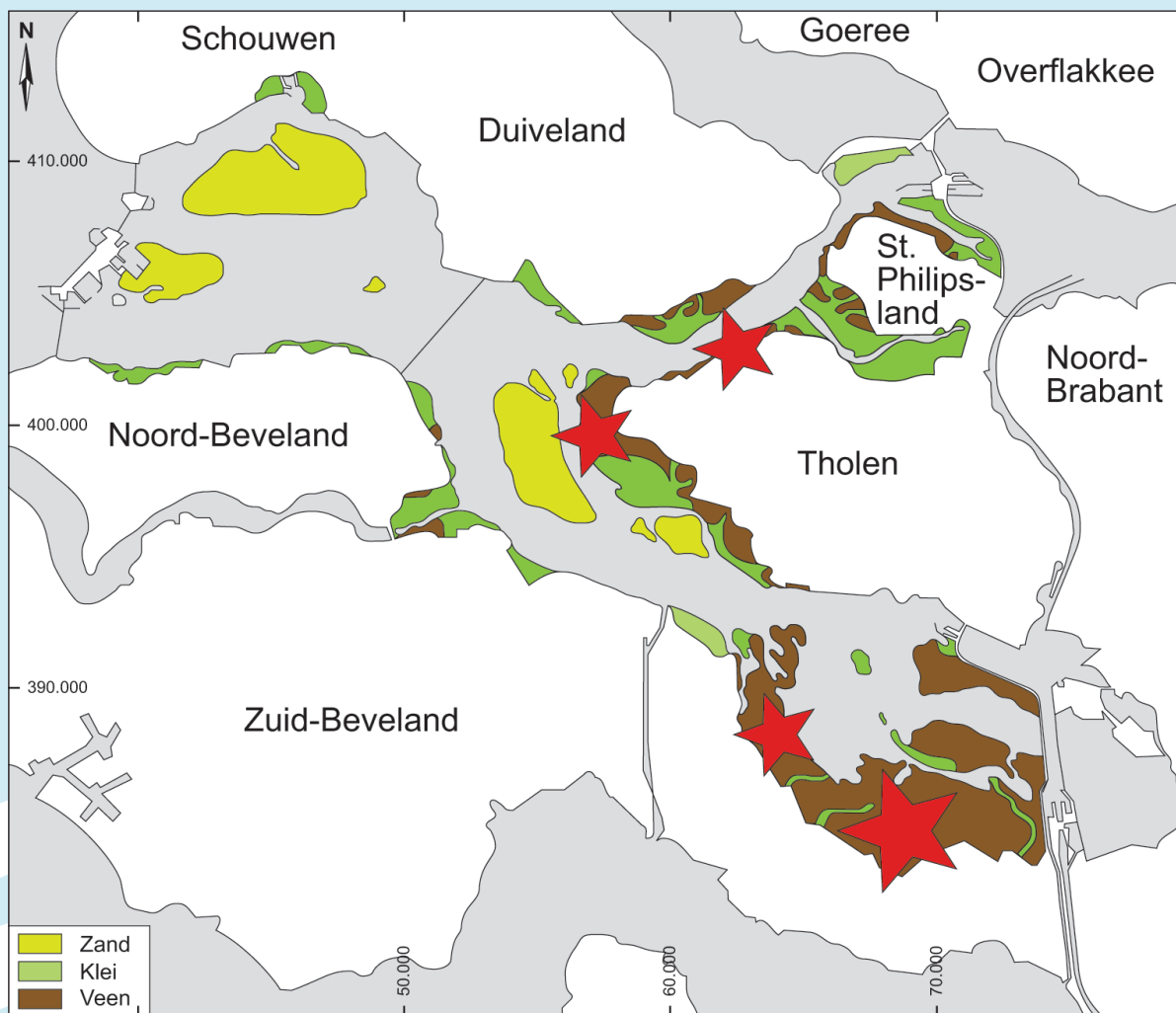
### Dagzomende veenlagen

Uit waarnemingen blijkt dat door slikerosie op een aantal locaties oude veenlagen geëxposeerd raken, die voorheen onder een laag sediment bedekt waren (mond. med. drs. D.J. de Jong). Hoewel een goede inventarisatie op dit moment nog ontbreekt, kunnen deze waarnemingen van belang zijn, aangezien er onder vrijwel alle slikken in de Oosterschelde veen-



Foto 2.1 Voorbeeld van een dagzomende veenlaag in de Westerschelde.

Foto: E. Stikvoort.



Figuur 2.10 Het voorkomen van veen in de ondergrond van Zeeland. Met een rode ster is aangegeven waar veen dagzommt (Naar Fischer, 1997).





Foto 2.2 Pierenhoopjes van de wadpier *Arenicola marina* die door lagere stroomsnelheden intact blijven veroorzaken 'vernatting' van het slik.  
Foto: E. Parée.

lagen gesitueerd zijn (Figuur 2.10). Geschat wordt dat zich over een oppervlak van ongeveer 4000 ha veenlagen onder de slikken van de Oosterschelde bevinden, die door erosie potentieel geëxposeerd kunnen raken.

Door de afnemende dikte van de sedimentlaag boven (nog) niet blootgestelde veenpakketten, zullen deze gebieden in afnemende mate een geschikt habitat vormen voor diepgravende bodemorganismen zoals wadpieren (*Arenicola marina*) en strandgapers (*Mya arenaria*). Geheel blootliggende veenlagen zijn ongeschikt voor kokkels, maar vormen wellicht wel geschikte aanhechtingsplek voor de Japanse oester. Foto 2.1 laat een voorbeeld van een volledig geëxposeerde veenlaag in de Westerschelde zien.

### Vernatting intergetijdengebied

Er is ook een voorbeeld te noemen van een indirect effect van verlaagde stroomsnelheden in het intergetijdengebied. Hoewel de dichtheden en biomassa's van de wadpier *Arenicola marina* niet significant veranderd zijn (Schaub et al., 2003.), blijkt uit waarnemingen dat de pierenhoopjes van de wadpier langer intact blijven in die deelgebieden waar de stroomsnelheden het meeste gedaald zijn; de Noordtak en de Kom (mond. med. drs. D.J. de Jong, Foto 2.2). In de situatie voor de Deltawerken spoelden deze hoopjes bij vloed voor een groot deel weg en waterden de slikken bij laagwater goed af. In de huidige situatie blijft er water staan tussen

de pierenhoopjes en vindt afwatering niet volledig meer plaats. Mogelijk heeft deze 'vernatting' een lokaal effect op de habitatgeschiktheid van slikken voor andere bodemorganismen.

### 2.6 CONCLUSIES

- Sinds de aanleg van de Oosterscheldewerken eroderen de platen en slikken door het zogenaamde zandhongerproces waarbij sediment uit de hooggelegen delen verdwijnt en rond de laagwaterlijn wordt afgezet. Zonder drastische ingrepen zal dit proces op lange termijn (honderden jaren) ertoe leiden dat vrijwel het gehele intergetijdengebied van de Oosterschelde verandert in een ondiep sublitoraal gebied.
- Doordat de platen en slikken verlagen, neemt de tijd die deze gebieden droogvallen af. De afname van de droogvalduur voltrekt zich (veel) sneller dan de afname van het totale areaal intergetijdengebied. Een kortere droogvalduur kan naast een direct effect op vogels (minder tijd om te foerageren) ook van invloed zijn op de habitatgeschiktheid voor kokkels (Hoofdstuk 3). Tot nu toe is de droogvalduur het sterkst teruggelopen in de Kom en het Middengebied.
- Het oppervlak intergetijdengebied in de Oosterschelde is abrupt afgenomen door de aanleg van de compartimenteringsdammen en de verkleining van de getijslag door een afgenomen getijvolume.

- De stroomsnelheden in de Oosterschelde zijn direct na de aanleg van de Oosterscheldewerken afgenomen met gemiddeld zo'n 30%. De grootste afname is te zien geweest in de Noordtak gevolgd door de Kom.
- Onder vrijwel alle slikken in de Oosterschelde bevinden zich veenlagen die in potentie bloot kunnen komen te liggen. Een deel hiervan is door erosie bloot komen te liggen. Dit proces is gaande in de Kom, de Noordtak en het Middengebied. Daar waar veenlagen bloot komen te liggen zal sprake zijn van een afname in habitatgeschiktheid voor kokkels.

## 2.7 DISCUSSIE

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste veranderingen in de abiotische omgeving van de Oosterschelde beschreven waarmee in de volgende hoofdstukken van dit rapport verder wordt gewerkt. Voorwaarde voor het modelleren aan kokkelhabitat is echter dat de abiotische gegevens als gebiedsdekkende kaarten beschikbaar moeten zijn, wat niet altijd het geval is (Hoofdstuk 3).

### Betrouwbaarheid prognose hoogteligging 2010

Door het beperkte aantal beschikbare, gebiedsdekkende hoogte/dieptekaarten treden er onzekerheden op in de geprognoseerde hoogteligging in 2010. Als maat voor de snelheid van de erosie is gebruik gemaakt van het verschil van de hoogte/diepte kaart 1993-2001. Deze extrapolatie naar de toekomst kan fouten introduceren, indien het beschreven erosieproces niet precies verloopt zoals op dit moment aangenomen wordt. Door de aan-

wezigheid van veenlagen in de ondergrond van het intergetijdengebied zullen de hoogteprofielen van slikken veel langzamer veranderen, het veenpakket gedraagt zich als hard substraat. Hierdoor worden geen of weinig verschillen in hoogte meer gemeten en zou ten onrechte geconcludeerd kunnen worden dat in de toekomst geen verdere slikerosie plaats zal vinden. De prognose van de hoogte/diepteligging voor 2010, de berekende verschillen tot nu toe en de schatting van de resterende zandhonger zijn echter het beste wat nu mogelijk is op basis van de beschikbare gegevens. De resultaten liggen bovendien in lijn met verschillende eerder gemaakte voorspellingen voor de toekomstige ontwikkeling van het zandhongerproces.

### Betrouwbaarheid prognose droogvalduur 2010

Bij het opstellen van prognose van de droogvalduur in 2010 worden naast de hoogteligging ook onnauwkeurigheden geïntroduceerd door de gebruikte getijgegevens voor de situatie in 2010. Er is gebruik gemaakt van de getijgegevens uit 2001, waarbij rekening gehouden is met de zogenaamde 18,6-jarige cyclus van het getij; de variatie in getij die gestuurd wordt door de aantrekkingskracht tussen zon, aarde en maan. Om een toekomstvoorspelling te kunnen maken van de droogvalduur moet er rekening gehouden worden met de fase van de cyclus waarin het getij verkeert. Tijdens de opnames van de drie hoogte/dieptekaarten bevond het getij zich in zijn gemiddelde waarde, die een keer in de 9,3 jaar optreedt. Omdat het getij dat in 2010 zal optreden weer de gemiddelde waarde heeft vergelijkbaar met het getij in 2001, zal de fout die optreedt in de prognose van de droogvalduur beperkt zijn. De effecten van zeespiegelrijzing tot 2010 zijn te verwaarlozen.



### 3. EFFECTEN VAN VERANDERINGEN IN HYDRODYNAMIEK EN MORFOLOGIE OP DE HABITATGESCHIKTHEID VOOR KOKKELS

#### INLEIDING

Om het effect van de veranderingen in hydrodynamiek en morfologie op de habitatgeschiktheid voor kokkels vast te stellen zijn met behulp van het kokkelhabitatmodel en de specifieke abiotische omstandigheden in een bepaalde tijdsperiode voorspellingen gemaakt van de ruimtelijke ligging van geschikte en minder geschikte kokkelgebieden in de Oosterschelde. Met de Kokkelhabitatkaarten die voor vier situaties (1985, 1994, 2001 en 2010) geproduceerd zijn, kan de mate waarin het voor kokkels geschikt gebied verschoven is door aanleg van de Oosterscheldewerken (1987) in beeld gebracht worden. Ook is per tijdsperiode een (gemiddeld) totaalbestand berekend. Om de kaarten die met het kokkelhabitatmodel vervaardigd zijn te kunnen vergelijken met de werkelijk opgetreden verdeling van kokkelbiomassa's, zijn voor de situaties in 1985, 1994 en 2000 drie Kokkelverdelingskaarten gemaakt. De Kokkelhabitatkaarten zijn in Hoofdstuk 4 toegepast om vast te stellen op welke 'kwaliteit' (geschikt of ongeschikt) kokkelhabitat de Japanse oesters zich voornamelijk heeft uitgebreid. In Hoofdstuk 5 zijn de Kokkel-habitatkaarten en -verdelingskaarten vergeleken met de ruimtelijke verdeling van de visserij-intensiteit in de Oosterschelde, enerzijds om de Habitatkaarten te verifiëren, anderzijds om vast te stellen op welke delen het intensiefst gevist wordt.

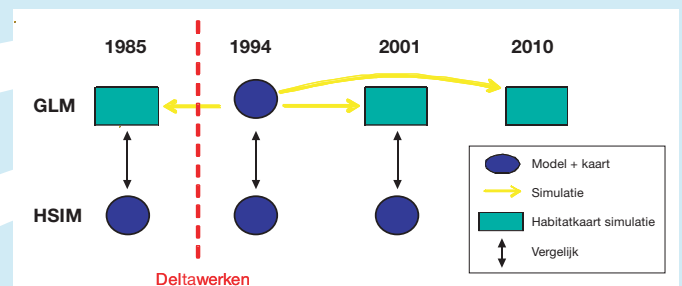
Een uitvoerige beschrijving van het kokkelhabitatmodel en de daarmee geproduceerde kaarten staat beschreven in de EVA II rapportage van deelproject H3; 'Kokkel-habitatkaarten voor de Oosterschelde en Waddenzee', Kater et al., 2003, RIVO rapport C060/03. Een uitvoerige beschrijving van de gehanteerde methodiek om tot de kokkelverdelingskaarten te komen is te vinden in de RIVO rapportage 'De invloed van de Oosterscheldewerken op de relatie tussen abiotische factoren en biomassa van kokkels', Kater et al., 2002, RIVO rapport C055/02.

#### 3.1 OPZET KOKKELHABITATKAARTEN EN KOKKELVERDELINGSKAARTEN

Het kokkelhabitatmodel is gebaseerd op Generalized Linear Modelling (GLM) en is opgesteld op basis van de gemiddelde kokkelbiomassa's 1990-2001 en de abiotiek van 1994. Wegens het ontbreken van geschikte data kon dit model (nog) niet gevalideerd worden. Om echter toch een indicatie te verkrijgen van de veranderingen in kokkelhabitat door de tijd, zijn met dit model een viertal Kokkelhabitatkaarten geproduceerd voor de situaties in 1985, 1994, 2001 en 2010 (Figuur 3.1). Hierbij is het model constant gehouden is uitsluitend gevarieerd met de onderliggende variabelen stroomsnelheid en droogvalduur. Om de kaarten die met het kokkelhabitatmodel vervaardigd zijn te kunnen vergelijken met de werkelijk opgetreden verdeling van kokkelbiomassa's, zijn voor de situaties in 1985, 1994 en 2001 drie kokkelverdelingskaarten gemaakt met Habitat Suitability Index Modelling (HSIM). In tegenstelling tot het kokkelhabi-

tatmodel is hiervoor gebruik gemaakt van de maximale kokkelbiomassa's uit de jaren 1985, 1993+1994+1995 en 1999+2000+2001.

De keuze voor het gebruik van de HSIM methode voor het vergelijken van de opgetreden verdeling van kokkelbiomassa met de habitatgeschiktheid (GLM) is gemaakt om een drietal redenen.



Figuur 3.1 Overzichtsschema van de vier kokkelhabitatkaarten (GLM) en drie kokkelverdelingskaarten (HSIM).

1. Er is specifiek voor de HSIM methode gekozen omdat deze werkt met de maximale in plaats van gemiddelde kokkelbiomassa's en daardoor gevoeliger is voor beïnvloeding door factoren als scholeksterpredatie, strenge winters, visserijdruk e.d. dan de GLM methode. Door op twee verschillende manieren naar de data te kijken en de uitkomsten te vergelijken kan bepaald worden welke techniek het beste werkt voor welk doel. Er is per tijdsperiode ook met de GLM methode een kokkelverdelingskaart gemaakt op basis van de gemiddelde biomassa's, dit geeft een overeenkomstig beeld met de habitatkaarten. De HSIM kaart voor 1994 wijkt als enige kaart af (Paragraaf 3.3). In Hoofdstuk 5 wordt de meest waarschijnlijke verklaring voor het afwijken van deze kaart gegeven.
2. Het kokkelhabitatmodel heeft een gridgrootte van 100x100 meter, terwijl in de kokkelsurvey in de Oosterschelde elk monsterpunt representatief geacht wordt voor 25 hectare rondom dit punt. Doordat de HSIM modellen evenals het GLM model gebruik maken van een 100x100 meter grid, is een één-op-één vergelijking mogelijk. Feitelijk is de HSIM methode hierbij dus gebruikt om dit schaalprobleem op te lossen en de puntinformatie op een verantwoorde wijze op te werken tot een gebiedsdekkend kaartbeeld.
3. Met de HSIM methode zijn voor de situaties in 1985, 1994 en 2000 ook de afzonderlijke relaties tussen kokkelbiomassa en abiotische variabelen opgesteld. Hierdoor kunnen per individuele abiotische variabele de responscurven voor de afzonderlijke tijdsperiodes vergeleken worden.

#### RIVO kokkelsurvey

Informatie over de ontwikkeling van het kokkelbestand is hoofdzakelijk afkomstig uit de RIVO kokkelsurvey die vanaf 1990 jaarlijks plaatsvindt in april/mei. Deze survey beslaat gemiddeld zo'n 500 punten in het litoraal van de Oosterschelde (Bijlage 1), waarvan per punt een oppervlakte van 0.1 m<sup>2</sup> bemonsterd wordt. Van deze monsters wordt de kokkeldichtheid en biomassa bepaald. De gegevens uit deze langjarige survey leveren de meest betrouwbare en gebiedsdekkende informatie over kokkeldichtheden en biomassa's in de Oosterschelde.

#### INTERECOS campagne

Voor de periode rond 1985 is de INTERECOS campagne gebruikt, die oorspronkelijk bedoeld was om de situatie vóór (1985) en na (1989) de aanleg van de Oosterscheldewerken vast te leggen. Tijdens deze survey werd er een groot aantal monsterpunten (305), op de Roggenplaat, Vondelingsplaat en de Krabbenkreek bemonsterd (zie Bijlage 2). In het Korte Termijn Advies kon niet aangetoond worden dat deze survey afwijkt van de andere data verzameld in deze periode.

#### SMOES

Met het Simulation Model for the Oosterschelde EcoSystem (SMOES) is ook het jaarlijkse kokkelbestand in de Oosterschelde berekend voor de periode 1980 t/m 1989 (Nienhuis & Smaal, 1994). Deze getallen zijn echter vanwege de beperkte betrouwbaarheid niet verder gebruikt voor berekeningen in dit rapport maar wel voor grafische presentatie.

#### Gemaakte keuzes

Het kokkelhabitatmodel kan zowel voor dichtheden als voor biomassa's kan worden opgesteld. Gezien de doorvertaling naar voedsel voor scholeksters is in vooroverleg tussen RIVO, RIKZ en Alterra gekozen te werken met kokkelbiomassa's in plaats van dichtheden. Kokkelbiomassa geeft een meer directe indicatie van de hoeveelheid voedsel dan kokkeldichtheid.



Foto 3.1 Kokkelbemonstering op de Oosterschelde.  
Bron: Centrum voor Schelpdieronderzoek, Yerseke.



Foto 3.2 Kokkelbemonstering met het kokkelschepje.

Bron: Centrum voor Schelpdieronderzoek, Yerseke.

Verder is in principe in dit rapport altijd gewerkt met de oorspronkelijke gemeten kokkelbiomassa's uit mei en dus niet met de omgerekende septembergetallen. Uitzondering hierop vormen vier figuren waarin naast de septembertaallen ook het beviste deel in het najaar is weergegeven; Figuur 1.1, 5.1, 5.22 en Figuur 8.1. Overigens konden niet uitsluitend de gegevens van 1-jarige kokkels gebruikt worden omdat de leeftijdsbepaling van kokkels in de survey niet betrouwbaar genoeg is. Ook konden niet uitsluitend de kokkelgegevens uit onbeviste jaren of gebieden gebruikt worden omdat deze gebieden in de Oosterschelde gerouleerd hebben en er dus geen goed referentiegebied aanwezig is (zie ook Hoofdstuk 5).

#### GIS kaarten met abiotische omgevingsvariabelen

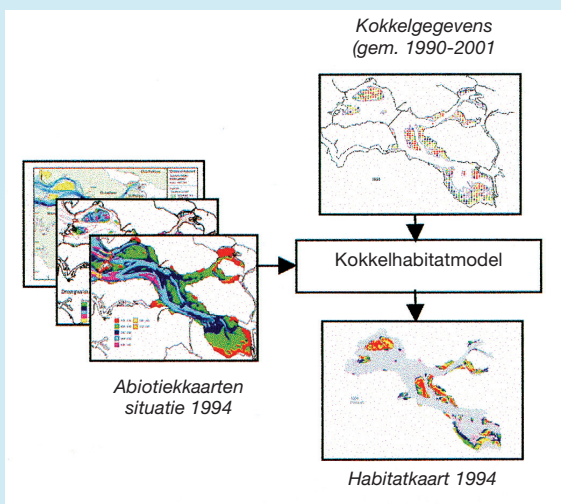
Er is voor de informatie over omgevingsvariabelen zoveel mogelijk gebruik gemaakt van gebiedsdekkende informatie in de vorm van GIS-kaarten (Geographic Information System). Het RIKZ heeft hiertoe een veelheid aan GIS-kaarten ter beschikking gesteld, waarvan uiteindelijk de kaarten met de variabelen diepte (1983, 1994 & 2001), droogvalduur (1983, 1994 & 2001), stroomsnelheid (1983, 1996), saliniteit (voor en na de bouw van de Stormvloedkering) en geomorfologie (1983, 1994 & 2001) zijn gebruikt. Het NIOO-CEME heeft puntgegevens van mediane korrelgrootte (1989 t/m 2000) beschikbaar gesteld.

### 3.2 BENADERING I: MODELLERING VAN KOKKELHABITAT

Ten eerste is met Generalized Linear Modelling (GLM) de relatie tussen kokkelbiomassa's en abiotische omgevingsvariabelen onderzocht. Het model dat met deze techniek verkregen wordt, wordt verder in dit rapport aangeduid als het kokkelhabitatmodel. De volgende stappen zijn te onderscheiden:

#### Stap 1

Omdat er een grote jaar-op-jaar variatie is in de jaar-klassen kokkels (zie figuur 1.1), zijn voor de periode 1990-2001 per monsterpunt de biomassagetallen gemiddeld ( $n=518$  monsterpunten). Dit levert een kaart op met de gemiddelde kokkelbiomassa's per punt, waarbij jaar-op-jaarvariatie wordt uitgemiddeld, evenals predatie door vogels en visserij-effecten.



Figuur 3.2 Overzicht stap 2 kokkelhabitatmodel.

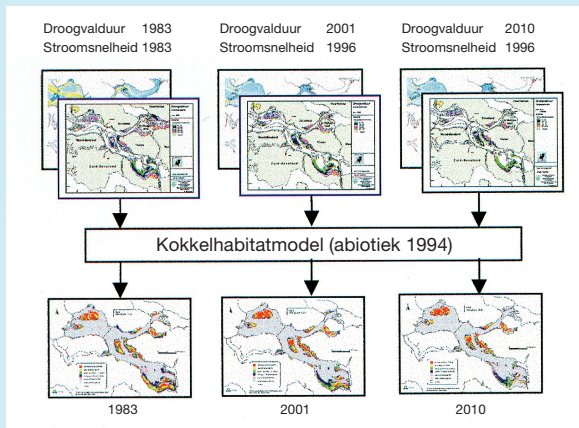
#### Stap 2

Vervolgens wordt een model gefit over de gemiddelde kokkelbiomassa's van de periode 1990-2001 in respons op verschillende abiotische parameters waarvan voor de periode rond 1994 gebiedsdekkende informatie beschikbaar is in de vorm van GIS kaarten (stroomsnelheid, droogvalduur en saliniteit). Door een 'stepwise backwards' procedure te gebruiken vallen de niet significant bijdragende (combinaties van) parameters (zowel enkelvoudige als kwadratische en interactie termen) uit het model. Op deze wijze is een model verkregen dat op basis van de stroomsnelheid en droogvalduur uit de periode rond 1994 voorspelt waar, gemiddeld genomen, kokkelgebieden met de hoogste biomassa in de Oosterschelde gesitueerd zijn. Dit model heeft een  $r^2$  van 37%. Als output wordt een kaart gegenereerd waarbij de biomassa's van hoog naar laag zijn gerangschikt en de hoogste 20% als zeer geschikt kokkelhabitat benoemd is, de volgende 20% als geschikt, de volgende 20% als minder geschikt, de volgende 20% als weinig geschikt en de laatste 20% als vrijwel ongeschikt (Figuur 3.2, Kaart 3.3).

#### Stap 3

Door de waarden van de modelparameters constant te houden en uitsluitend de input van abiotische informatie te variëren, kan er voor elke periode dat abiotische informatie beschikbaar is, een soortgelijke kaart gesimuleerd worden. Door vergelijking van de kaart van de situatie voor de bouw van de kering met de habitatkaart 1994 zijn de directe effecten van afgenomen stroomsnelheden en droogvalduur op kokkelhabitat te zien. Het voornaamste doorwerkingseffect van de gepleegde ingrepen is de verdere verkorting van de droogvalduur van platen en slikken in de Oosterschelde. De stroomsnelheden zijn daarentegen sinds 1987 niet meer veranderd. Met behulp van de droogvalduurkaarten voor de perioden 2001 en 2010 en de aanname dat de stroomsnelheden in 2001 en 2010 ten opzicht van de situatie in 1996 ongewijzigd zullen blijven, zijn de met het waterbewegingsmodel SCALOOST berekende stroomsnelheden voor 1996 toe te passen in elk van de drie postkering situaties. Hierdoor kan vanuit de uitgangssituatie in 1994 de situaties in 2001 gesimuleerd worden en een





Figuur 3.3 Overzicht stap 3 kokkelhabitatmodel: in het constant gehouden habitatmodel dat ontwikkeld is met de abiotiek uit 1994, kan met de beschikbare droogvalduur en stroomsnelheidsgegevens een hindcast voor 1985 en twee forecasts voor 2001 en 2010 gemaakt worden. Doordat er alleen een verschil in stroomsnelheden voor en na kering bestaat kan de stroomsnelheidskaart 1996 ook voor de simulaties in 2001 en 2010

hindcast (1985) en een forecast (2010) gemaakt worden. Figuur 3.3 geeft een schematisch overzicht van Stap 3, en laat zien welke abiotiekaarten gebruikt zijn voor de simulatie van de vier kokkelhabitatkaarten.

### 3.3 BENADERING II: OPGETREDEN VERDELING VAN KOKKELBIOMASSA

Naast de ontwikkeling van een Kokkelhabitatkaart op basis van Generalized Linear Modelling is een Kokkelverdelingskaart ontwikkeld op basis van Habitat Suitability Index Modelling (HSIM). Daarin wordt per abiotische variabele de geschiktheid (Suitability Index) langs de gradiënt in beeld gebracht, waarna de verschillende geschiktheden tot een habitat geschiktheid gecombineerd kunnen worden. In deze benadering is het model voor één jaar niet naar andere jaren geëxtrapoleerd, maar is voor iedere tijdsperiode apart een HSI Model gemaakt. Voor de periode 1985 zijn kokkelgegevens uit de INTERECOS campagne gebruikt (paragraaf 3.1). Voor de periode rond 1994 is de gemiddelde kokkelbiomassa uit de RIVO kokkelsurvey van de jaren 1993, 1994 en 1995 gebruikt. Voor de periode rond

2000 is gebruik gemaakt van de gemiddelde kokkelbiomassa uit de RIVO kokkelsurvey van de jaren 1999, 2000 en 2001. In alle drie beschouwde perioden was de biomassa ongeveer even hoog er zijn geen uitzonderlijke jaren in de analyse meegenomen.

Bij de HSIM benadering is voor de perioden 1985, 1994 en 2001 dezelfde abiotische informatie gebruikt als bij het kokkelhabitatmodel (droogvalduur en stroomsnelheid). Langs de gradiënt van een abiotische variabele is een model over de hoogst voorkomende biomassa gefit. De beschrijving van de lijn is gestandaardiseerd tot een Suitability Index. Er zijn op deze wijze drie verschillende modellen opgesteld voor de drie genoemde perioden. Vervolgens is voor elke periode een Kokkelverdelingskaart gegenereerd die voor de situaties in 1985, 1994 en 2001 de gebieden weergeeft waar in potentie de hoogste kokkelbiomassa's voorkomen. Vergelijking van de Kokkelhabitatkaarten (GLM) met de Kokkelverdelingskaarten (HSIM) laat zien of in de gebieden waar zich respectievelijk rond 1985, 1994 en 2001 het meest geschikte kokkelhabitat bevond (geldig voor een periode van meerdere jaren), ook de hoogste kokkelbiomassa's aangegeven worden, of niet.

### Leeswijzer Habitatkaarten en Verdelingskaarten

Voor elke kaart die in de volgende paragrafen gepresenteerd wordt, zijn de biomassagegevens gerangschikt van hoog naar laag en in klassen verdeeld. De hoogste 20% van de voorspelde biomassa is in de eerste klasse ingedeeld (rood), de volgende 20% in de tweede klasse (geel), de volgende 20% in de derde klasse (groen), de volgende 20% in de vierde klasse (blauw) en de laagste 20% in de vijfde klasse (lichtpaars). In het grijze gebied was geen informatie over droogvalduur of stroomsnelheid beschikbaar en is geen voorspelling gemaakt. Rood representeert dus optimaal kokkelgebied en paars vrijwel ongeschikt kokkelgebied. Door een vaste klasseindeling te hanteren kunnen verschuivingen inzichtelijk gemaakt worden. Eventuele verslechtering van het kokkelhabitat en doorwerking op het totale bestand wordt besproken in Paragraaf 3.5. Om vergelijking van de verschillende kaarten te vergemakkelijken, wordt verwezen naar de presentatie die zich op de bijgeleverde cd-rom bevindt.

### 3.4 KOKKELHABITATKAARTEN EN KOKKELVERDELINGSKAARTEN DOOR DE TIJD

#### Kokkelhabitatkaart 1985 (Kaart 3.1)

De Kokkelhabitatkaart van 1985 laat zien dat er verspreid door de gehele Oosterschelde aaneengesloten geschikte gebieden voor kokkels voorkomen (rood, geel). In de Noordtak en de Kom bevinden zich ook geschikte gebieden. Opvallend is dat over het algemeen het optimale kokkelhabitat op de slikken tegen de dijken gesitueerd is. Dit heeft mogelijk te maken met de (te) hoge stroomsnelheden in de delen die langs geulen gelegen zijn.

#### Kokkelverdelingskaart 1985 (Kaart 3.2)

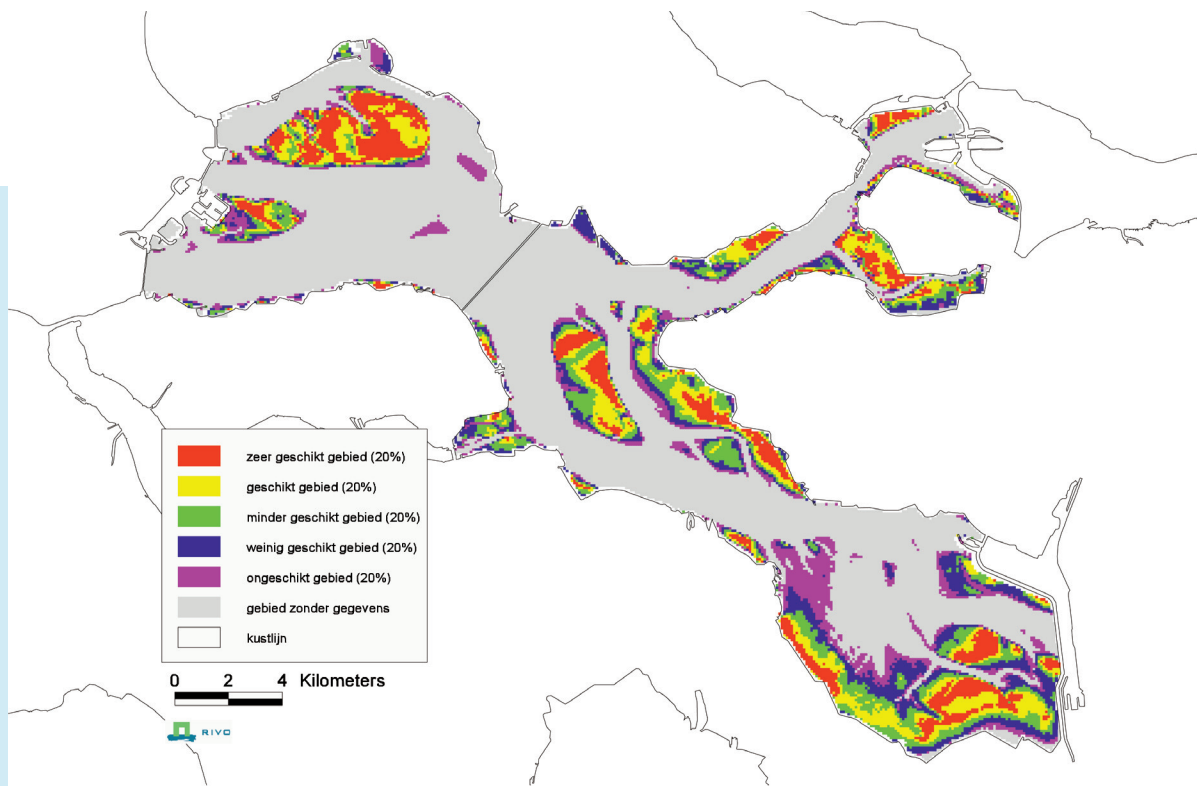
De Verdelingskaart voor 1985 laat zien dat de 20% beste gebieden (rood) voor kokkels vooral worden aangetroffen op de Roggenplaat, Vondelingenplaat, Slikken van Viane, en de Slikken van de Dortsman. De suboptimale gebieden (volgende 20%: geel en volgende 20%: groen) liggen rondom de rode gebieden. Op Neeltje Jans, in de Zandkreek en in de Krabbenkreek worden nauwelijks geschikte gebieden aangetroffen. In de Kom wordt alleen de Hoge Kraaijer als geschikt gebied aangegeven.

#### Vergelijking Kokkelhabitatkaart 1985 (Kaart 3.1) en Kokkelverdelingskaart 1985 (Kaart 3.2)

Als de Habitatkaart en de Verdelingskaart voor de situatie 1985 vergeleken worden dan valt op dat de rode gebieden op beide kaarten voor een groot deel overlappen. Het overeenkomen van de voorspelde ruimtelijke ligging van optimaal kokkelhabitat met de gebieden waar de hoogste kokkelbiomassa's voorspeld worden lijkt te bevestigen dat met het habitatmodel op basis van stroomsnelheids- en droogvalduurgegevens een redelijke goede voorspelling kan worden gedaan over de habitatgeschiktheid voor kokkels.

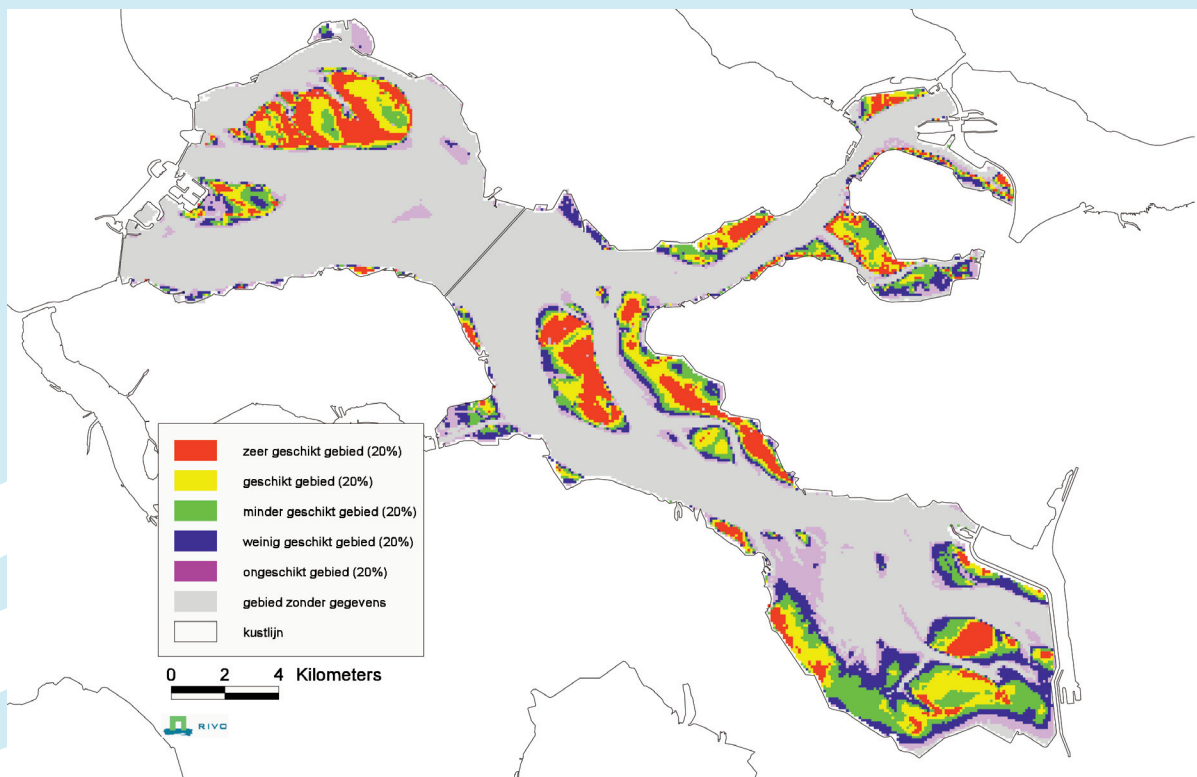


### Kokkelhabitatkaart 1985



Kaart 3.1 Kokkelhabitatkaart Oosterschelde 1985, gesimuleerd met het kokkelhabitatmodel (GLM model) met de gemiddelde kokkelbiomassa's van de periode 1990 t/m 2001 en de stroomsnelheid & droogvalduur uit 1983.

### Kokkelverdelingskaart 1985



Kaart 3.2 Geschiktheid van gebieden voor maximale kokkelbiomassa's in de Oosterschelde berekend met de HSI methode, met de kokkelbiomassa's uit de INTERECOS campagne (1985) en de stroomsnelheid & droogvalduur uit 1983.

#### Kokkelhabitatkaart 1994 (Kaart 3.3)

De Kokkelhabitatkaart 1994 laat zien dat de rode gebieden vooral in het Midden en Mondingsgebied gevonden worden. De Noordtak en Kom zijn minder geschikt geworden dan in de situatie 1985. Vooral de toename van het rode optimale kokkelgebied op de Vondelingsplaat en de Slikken van de Dortsman is opvallend.

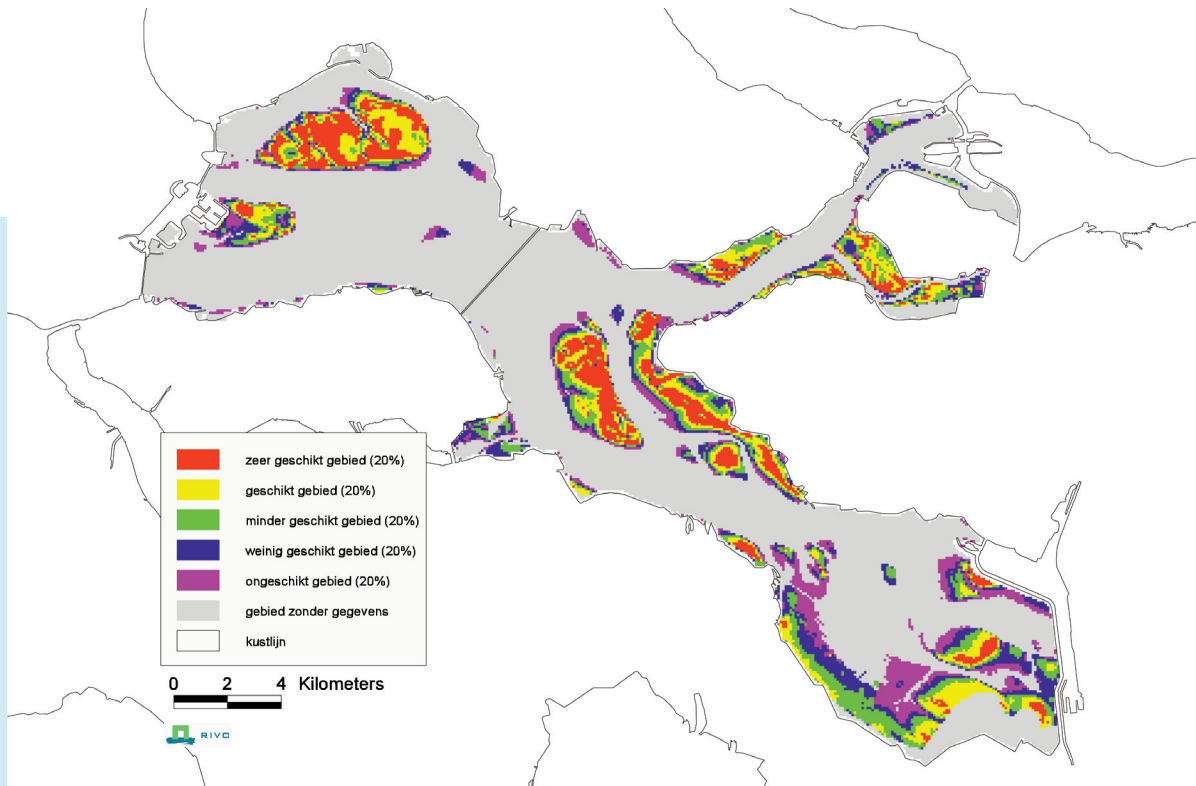
#### Kokkelverdelingskaart 1994 (Kaart 3.4)

In 1994 ligt het zwaartepunt van de optimale gebieden (rood) in tegenstelling tot de Verdelingskaart 1985 in het Komgebied van de Oosterschelde. Met name op de Hoge Kraaijer en het Verdrongen land van Zuid Beveland worden grote rode gebieden voorspeld. Op de locaties die in 1985 als optimaal worden aangeduid, wordt dit rode gebied wel aangetroffen, maar met een veel kleiner oppervlak. Op Neeltje Jans en in de Zandkreek is de oppervlakte optimaal gebied groter geworden vergeleken met 1985, terwijl de Krabbenkreek juist minder geschikt is geworden. Op de Slikken van Viane verplaatst het optimale gebied van oost naar west. Op de Roggenplaat lijkt het optimale gebied van het Centrale deel van de plaat naar de rand te zijn verschoven. Ook grote delen van de Vondelingsplaat en de Slikken van de Dortsman worden veel minder geschikt voorspeld dan in de situatie 1985.

#### Vergelijking kokkelhabitatkaart 1994 (Kaart 3.3) en kokkelverdelingskaart 1994 (Kaart 3.4)

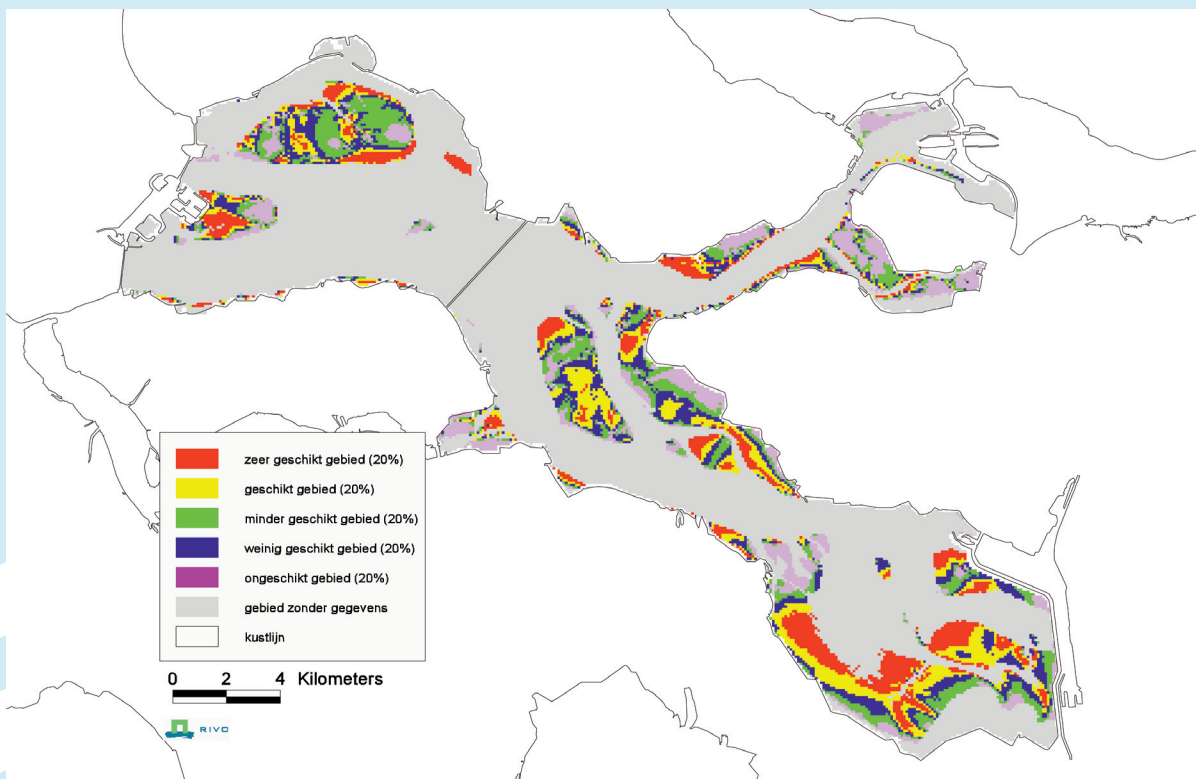
Als de Verdelingskaart 1994 vergeleken wordt met de Kokkelhabitatkaart 1994, dan zijn de visuele overeenkomsten ver te zoeken. Waar met het habitatmodel goede kokkelgebieden voorspelt, worden in het Centrale deel en de Monding de hoogste kokkelbiomassa's op hele andere plaatsen voorspeld. De meest waarschijnlijke oorzaak van deze afwijkende Kokkelverdelingskaart 1994 wordt besproken in Paragrafen 3.6 en 5.3.

### Kokkelhabitatkaart 1994



Kaart 3.3 Kokkelhabitatkaart Oosterschelde 1994, gesimuleerd met het kokkel-habitatmodel (GLM model) met de gemiddelde kokkelbiomassa's van de periode 1990 t/m 2001, de stroomsnelheid uit 1996 & droogvalduur uit 1994.

### Kokkelverdelingskaart 1994



Kaart 3.4 Geschiktheid van gebieden voor maximale kokkelbiomassa's in de Oosterschelde berekend met de HSIM methode, met de kokkelbiomassa's uit 1993, 1994 & 1995, de stroomsnelheid uit 1996 & droogvalduur uit 1994.

#### Kokkelhabitatkaart 2001 (kaart 3.5)

In 2001 is de ruimtelijke verdeling van de optimale kokkelgebieden zeer vergelijkbaar met de ligging in 1994, met het verschil dat de Roggenplaat wat geschikter en de Vondelingsplaat wat minder geschikt lijkt te zijn geworden.

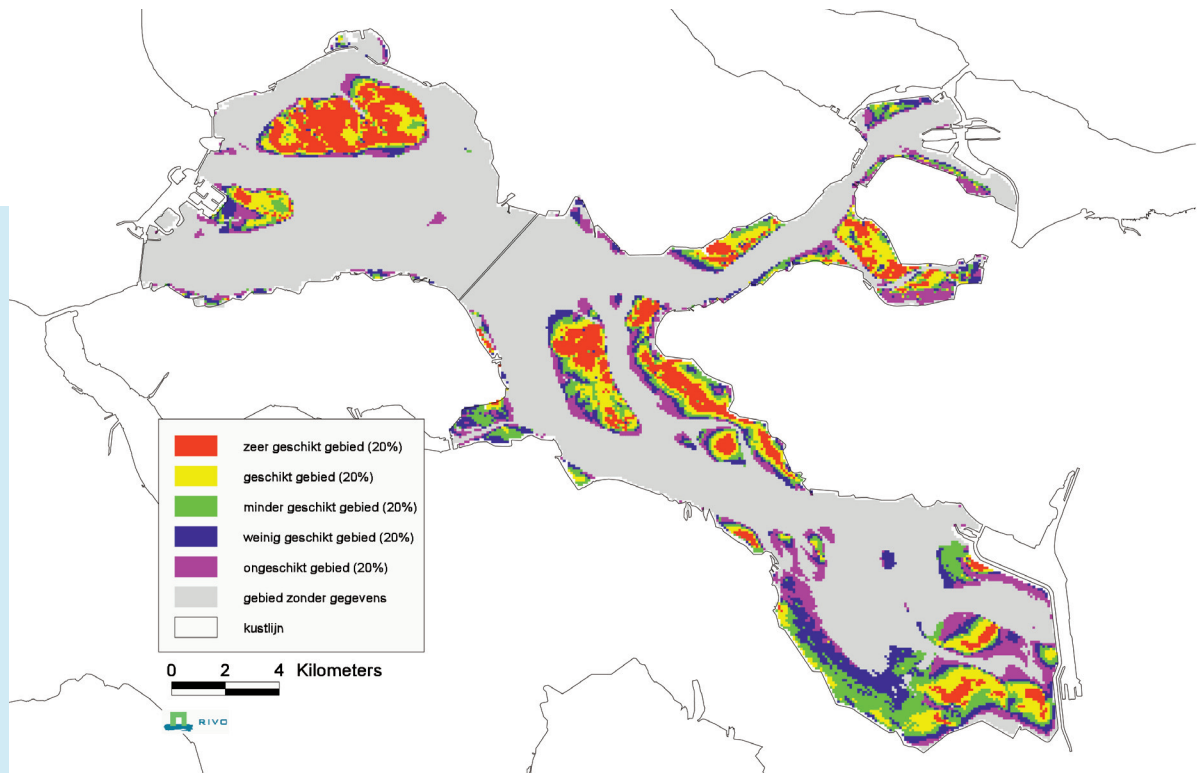
#### Kokkelverdelingskaart 2000 (kaart 3.6)

In 2000 zijn de kokkels in grote lijnen weer verdeeld zoals in 1985. Het zwaartepunt ligt niet langer in de Kom, of op de randen van platen en slikken zoals in 1994. In 1985 en 2000 komt de verdeling van de maximale kokkelbiomassa's (Verdelingskaarten) dus goed overeen met het voorspelde kokkelhabitat, terwijl in de periode rond 1994 de kokkels op heel andere plekken aangetroffen zijn dan volgens het habitatmodel voorspeld wordt. De Habitat- en Verdelingskaarten bevestigen elkaar dus in 1985 en 2001 terwijl er in 1994 sprake lijkt te zijn van een afwijkende situatie.

#### Vergelijk Kokkelhabitatkaart 2001 (Kaart 3.5) met de Kokkelverdelingskaart 2000 (Kaart 3.6)

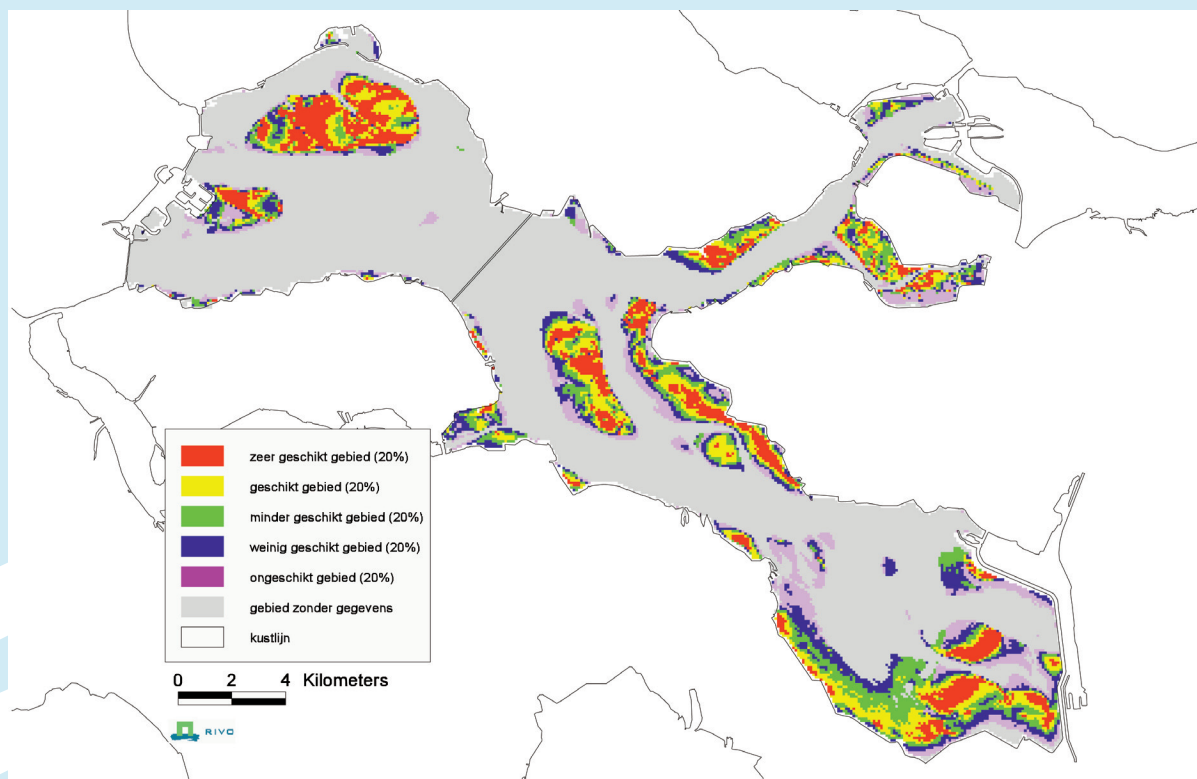
In 2000 lijkt er wat de Verdelingskaart betreft een herstel van de oude situatie op te treden. Habitatkaart en Verdelingskaart komen weer meer overeen wat betreft de voorspelde locatie van de optimale kokkelgebieden. Hoewel de Verdelingskaart iets grotere rode gebieden voorspelt op Neeltje Jans en in de Kom, komt de voorspelde locatie van optimaal kokkelgebied met de twee methoden redelijk goed overeen, net als in de periode 1985. Ook op de Roggenplaat ligt het zwaartepunt van het geschikte gebied centraal op de plaat zoals in 1985 en niet aan de rand zoals rond 1994. De meest waarschijnlijke oorzaak voor de afwijkende Verdelingskaart voor de periode rond 1994 in vergelijking met de overige twee tijdspannen waar twee methoden een eenduidiger beeld geven, wordt besproken in Paragraaf 3.6 van dit hoofdstuk.

### Kokkelhabitatkaart 2001



Kaart 3.5 Kokkelhabitatkaart Oosterschelde 2001, gesimuleerd met het kokkelhabitatmodel (GLM model) met de gemiddelde kokkelbiomassa's van de periode 1990 t/m 2001 en de stroomsnelheid & droogvalduur uit 2001.

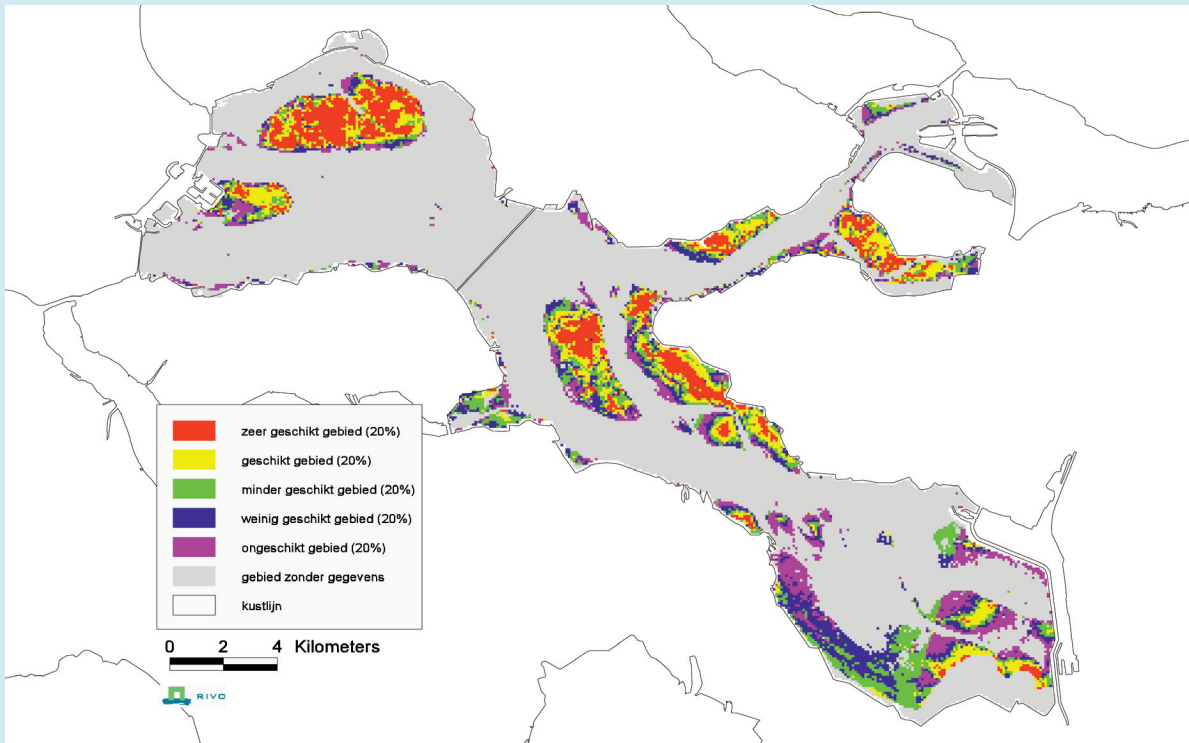
### Verdelingskaart 2000



Kaart 3.6 Geschiktheid van gebieden voor maximale kokkelbiomassa's in de Oosterschelde berekend met de HSIM methode, met de kokkelbiomassa's uit 1999, 2000 & 2001, de stroomsnelheid uit 1996 & droogvalduur uit 2001.



### Kokkelhabitatkaart 2010



Kaart 3.7 Kokkelhabitatkaart Oosterschelde 2010, gesimuleerd met het kokkelhabitatmodel (GLM model) met de gemiddelde kokkelbiomassa's van de periode 1990 t/m 2001 en de stroomsnelheid & droogvalduur uit 2010.

#### Kokkelhabitatkaart 2010 (Kaart 3.7)

In 2010 voorspelt het kokkelhabitatmodel dat de ligging van de optimale kokkelgebieden overeenkomstig de situatie in 2001 is, maar met een veel minder scherpe begrenzing. De Roggenplaat is een groot optimaal kokkelgebied, terwijl in de Kom de geschiktheid zeer laag voorspeld wordt. De overige geschikte gebieden bevinden zich vooral op het noordelijke deel van de Vondelingsplaat en de Slikken van de Dortsman.

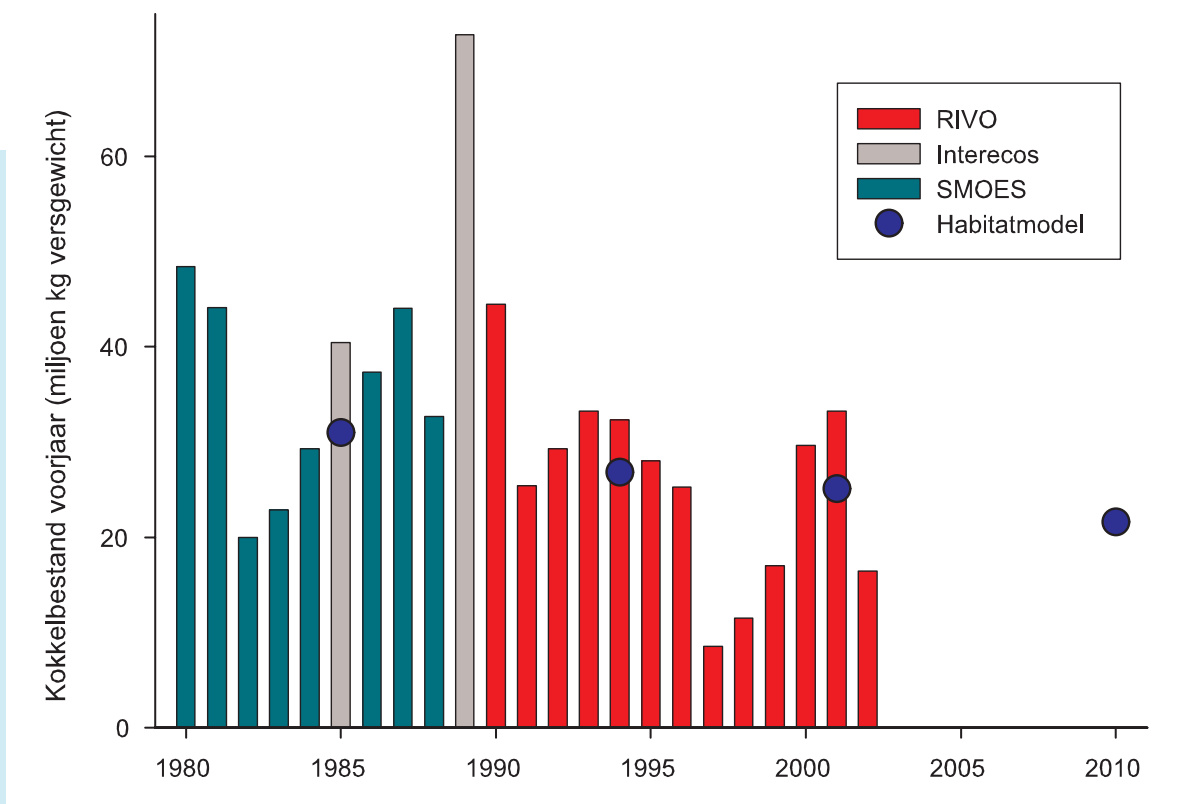
#### Vergelijking Kokkelhabitatkaarten 1985, 1994, 2001 en 2010 (Kaarten 3.1, 3.3, 3.5 en 3.7)

Opmerking: bij de Habitatkaarten 1994 en 2010 dient vermeld te worden dat het aan land grenzende gebied in de zuidelijke Kom en een soortgelijk gebied in de Krabbenkreek het gevolg zijn van ontbreken van droogvalduur gegevens.

Bij vergelijking van Habitatkaart 1994 met die van 1985 valt direct het zeer grote aaneengesloten rode gebied in het Centrale deel van de Oosterschelde op. Op de Vondelingenplaat en de Slikken van de Dortsman hebben de optimale kokkelgebieden zich uitgestrekt over een veel grotere oppervlakte dan voorheen. Ook de Middelpaai is nu geschikt kokkelgebied geworden. Tegelijkertijd zijn de rode gebieden in de Noordtak en de Kom kleiner geworden. In het uiterste noorden van de Noordtak zijn de geschikte gebieden op de Slikken van Oude Tonge verdwenen. Hoewel er zich nog steeds geschikt kokkelgebied bevindt in de Krabbenkreek en op de Slikken van Viane, lijken deze nu meer aan de geulzijde van het slik gesitueerd te zijn. In de Kom zijn de geschikte gebieden op het Verdrongen land van Zuid Beveland verdwenen. Het optimale gebied op de Roggeplaat is van oost naar west te verschoven. Al deze verschuivingen lijken voor het merendeel gevolgen te zijn van afgenomen stroomsnelheden en dus een direct gevolg van de aanleg van de Oosterscheldewerken.



## Habitatmodel en kokkelbestand



Figuur 3.4 Geschatte totale kokkelbestand Oosterschelde in mei op basis van de vier Kokkelhabitatkaarten (blauwe stippen) en het jaarlijkse kokkelbestand in mei volgens de diverse bronnen.

Terwijl er in de periode voor en vlak na de aanleg van de Oosterscheldewerken sprake was van grote verschuivingen in de geschiktheid van gebieden voor kokkels, lijken deze vanaf 1994 niet meer plaats te vinden. Wel zijn de grote, aaneengesloten geschikte gebieden die in 1994 in het Centrale deelgebied gevonden worden, in 2001 in omvang afgenomen. Het rode gebied op de Roggeplaat neemt in omvang toe en wordt dus relatief gezien geschikter. Verder lijken er op basis van de vergelijking van 2001 met 1994 geen opvallende veranderingen plaats te hebben gevonden.

Als echter de situatie 2010 erbij betrokken wordt dan ontstaat toch een ander beeld. Het lijkt erop dat de aaneengesloten gebieden met een gelijke geschiktheid steeds kleiner worden en gefragmenteerd raken. Het proces van plaatverlaging en verkorting van de droogvalduur, zoals dit in Hoofdstuk 2 staat beschreven, lijkt pas een zichtbaar effect op het kokkelhabitat te laten zien als alle drie de kaarten van 1994, 2001 en 2010 met elkaar vergeleken worden. Doordat de platen in de Oosterschelde afvlakken en het verschil in droogvalduur tussen verschillende plekken in het intergetijdengebied dus steeds kleiner wordt, lijkt het gebied in die zin steeds gelijkvormiger te worden.

Een duidelijk onderscheid tussen optimaal en suboptimaal gebied lijkt hierdoor steeds meer te verdwijnen. De afname van geschikt gebied lijkt zich sneller te voltrekken op de platen en langzamer op de slikken, hetgeen ingegeven is met de snellere afname van droogvalduur op platen dan op slikken. Deze ontwikkeling kan gekenschetst worden als het belangrijkste lange termijn effect van de aanleg van de Oosterscheldewerken op het kokkelhabitat.

### 3.5 NAAST VERSCHUIVING OOK VERSLECHTERING VAN KOKKELHABITAT?

Nu uit de verschillende Habitatkaarten een verschuiving van kokkelhabitat naar voren komt als korte termijn effect van de aanleg van de Oosterscheldewerken en vervolgens een fragmentatie/gelijker worden van het kokkelhabitat als lange termijn effect naar voren komt, rijst de vraag of er ook daadwerkelijk een verslechtering van de situatie optreedt: worden er door het kokkelhabitatmodel steeds lagere biomassa's voorspeld? Uit de vier Kokkelhabitatkaarten kan het bestand aan kokkels en de gemiddelde biomassa geschat worden. Figuur 3.4 geeft

hiervan het overzicht. De blauwe stippen geven het geschatte (gemiddelde) kokkelbestand in mei voor de situatie in 1985, 1994, 2001 en 2010 op basis van de habitatkaarten (GLM). Hierbij dient nogmaals opgemerkt te worden dat de absolute waarden als indicatief beschouwd dienen te worden. De staven geven de hoogte van de voorjaarsbestanden uit de verschillende bronnen weer.

Het totale bestand in de Oosterschelde lijkt op basis van de indicatieve modelwaarden in de loop der tijd een daling te gaan vertonen. Tussen 1985 en 1994 is een afname van 14% voorspeld en tussen 1994 en 2001 een afname van 6%. Voor de periode tussen 2001 en 2010 is een verdere bestandsafname van 14% voorspeld, wat in het model te wijten is aan de daling van het intergetijdengebied. Wanneer wordt uitgegaan van de uit de Habitatkaart geschatte bestanden, dan zal de bestandsgrootte tussen 1983 en 2010 met meer dan 30% afnemen!

### 3.6 VERSCHUIVINGEN PER ABIOTISCHE PARAMETER

Door de individuele relaties tussen kokkelbiomassa en abiotische variabelen voor de verschillende tijdsperiodes met elkaar te vergelijken kan de de responscurve die het meest afwijkende beeld vertoont in 1994 bepaald worden. Op deze manier kan de abiotische parameter worden opgespoord die het meest heeft bijgedragen aan het afwijkende kaartbeeld van de Verdelingskaart 1994. Met behulp van de onderliggende curven van het Habitat Suitability Index Model kunnen de responses voor stroomsnelheid, droogvalduur en mediane korrelgrootte beschouwd worden.

#### Stroomsnelheid

De responscurven voor stroomsnelheid (cm/s) uitgedrukt als Suitability Index zijn voor de drie gemodelleerde perioden samen in Figuur 3.5 ondergebracht. De figuur laat zien dat de top van de responscurve daalt van 37 cm/s in 1985 via 32 cm/s in 1994 naar 28 cm/s in 2000. De grootste verschuiving heeft zoals verwacht plaats-gevonden tussen de situaties voor en na de voltooiing van de Oosterscheldewerken.

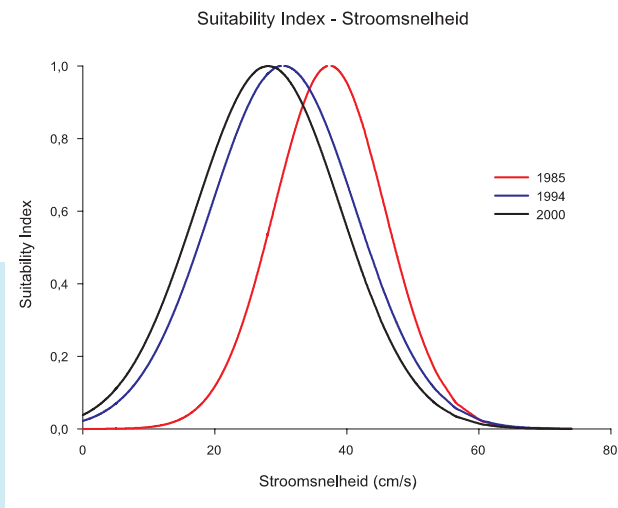
#### Mediane korrelgrootte

De drie gevonden responscurven voor mediane korrelgrootte uitgedrukt als Suitability Index zijn samen in Figuur 3.6 ondergebracht. Per jaar is de optimale mediaan, de top van het model, berekend. De figuur laat zien dat de top van de responscurve in de loop der tijd verschuift van 150 µm in 1985 naar 160 µm in 1994 en vervolgens naar 180 µm in 2000. Het optimum van kokkels komt bij steeds zandiger sedimenten te liggen, dit wordt vooral veroorzaakt doordat het intergetijdengebied van de Oosterschelde steeds slibbarmer en dus grover wordt (Hoofdstuk 2).

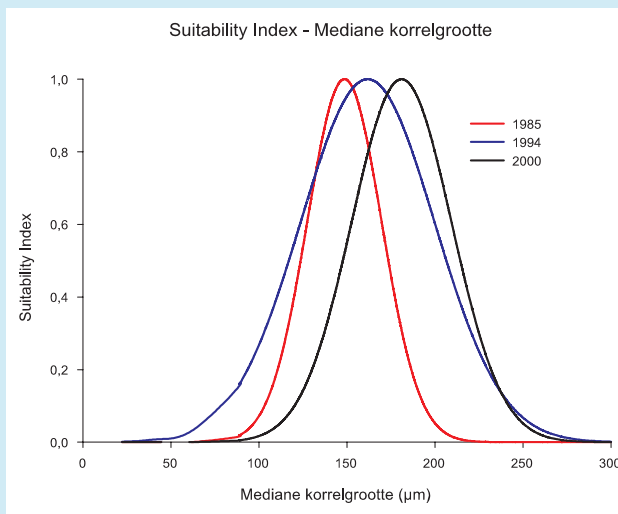
#### Droogvalduur

De drie gevonden responscurven voor droogvalduur zijn ondergebracht in Figuur 3.7. Het model van 1985 en van 2000 lijken op elkaar: beiden hebben een top bij een droogvalduur tussen 40% en 50%. Bij het model van 2000 ligt de top iets lager dan in 1985, wat verklaard kan worden door de kleinere getijslag in de post-kering situatie. Voor het model van 1994 werd een gelijksoortig model verwacht als het model van 2000. Het is echter totaal afwijkend. De optimale droogvalduur voor de situatie rond 1994 ligt tussen de 0% en 20% en dat is dus net boven de laagwaterlijn.

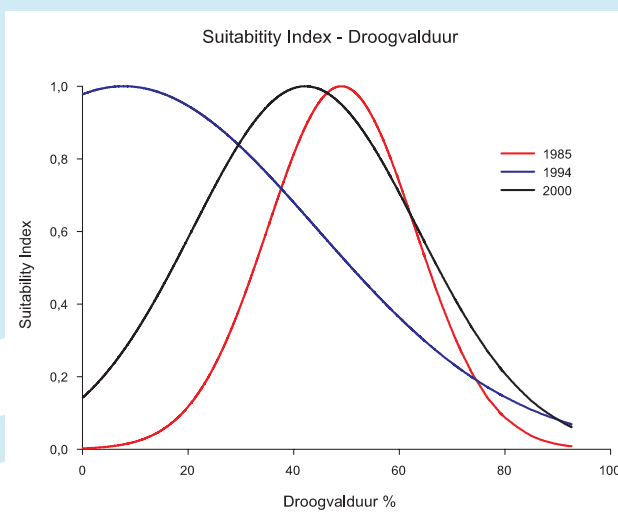
Omdat het optimum voor droogvalduur in de situatie 1994 veel lager ligt dan in de overige situaties, ligt de verklaring voor de afwijkende Verdelingskaart 1994 in deze heen-en-weer verschuiving. De meest waarschijnlijke verklaring voor de geconstateerde heen-en-weer verschuiving van de top van de responscurve van kokkels voor droogvalduur wordt gegeven in Hoofdstuk 5.



Figuur 3.5 Responscurven van kokkels voor stroomsnelheid in de drie geselecteerde jaren voor de situatie in mei.



Figuur 3.6 Responscurven van kokkels voor mediane korrelgrootte van de drie geselecteerde jaren voor de situatie in mei.



Figuur 3.7 Responscurven van kokkels voor droogvalduur in de drie geselecteerde jaren voor de situatie in mei.

### 3.7 CONCLUSIES

- Het korte termijn effect van de aanleg van de Oosterscheldewerken lijkt een relatieve verschuiving van het voor kokkels geschikte habitat uit de Noordtak en de Kom naar het Centrale deelgebied te zijn geweest. Sturende factoren hiervoor waren de abrupt afgenomen stroomsnelheden en de verkleinde getijslag.
- Als lange termijn effect van de afnemende droogvalduur kan het eenvormiger worden van het kokkelhabitat genoemd worden. Waar eerder een duidelijk onderscheid tussen geschikte en ongeschikte kokkelgebieden bestond, lijkt dit verschil steeds kleiner te worden, met een steeds gefragmenteerder kokkelhabitat als gevolg. Er vinden geen grote verschuivingen meer plaats.
- Uit de (ongevalideerde) Kokkelhabitatkaarten kan afgeleid worden dat het kokkelbestand door de veranderende abiotiek tussen 1983 en 2010 met ongeveer 30% zal afnemen, dat is per jaar gemiddeld zo'n 1 à 2 %.
- In 1985 en 2001 komt de ligging van de hoogste kokkelbiomassa's volgens de Kokkelverdelingskaart goed overeen met het voorspelde kokkelhabitat. In 1994 wijken de Kokkelhabitatkaart en de Kokkelverdelingskaart af. De Suitability Index geeft aan dat de kokkels rond 1994 voornamelijk bij een droogvalduur van 0-20% voorkwamen, waar dit in 1985 en 2001 tussen de 40 en 50% ligt; de kokkels liggen rond 1994 dus lager in het intergetijdgebied.

### 3.8 DISCUSSIE

In dit hoofdstuk zijn twee verschillende benaderingen gepresenteerd: Generalized Linear Modelling (GLM) voor het modelleren van kokkelhabitat en Habitat Suitability Index Modelling (HSIM) voor het vaststellen van de afzonderlijke relaties tussen kokkelbiomassa en abiotische variabelen en het maken van Verdelingskaarten. Voor de modellering met het kokkelhabitatmodel is gewerkt met gemiddelde kokkelbiomassa's. Deze zijn veel minder gevoelig voor beïnvloeding dan de maximale biomassa's die gebruikt zijn bij de HSIM methode. Omdat voor de Habitatkaarten de kokkelgegevens van 1990 t/m 2001 gebruikt zijn is de jaar op jaar variatie van het kokkelbestand uitgemiddeld en wordt het eindresultaat vooral

bepaald door in het habitatmodel ingevoerde abiotiek. De Kokkelverdelingskaarten zijn op kokkelgegevens uit een kleiner aantal jaren gebaseerd (1985, 1993+1994 +1995 en 1999+2000+2001) waardoor deze een beeld geven van de situatie in één of enkele jaren, in tegenstelling tot de Habitatkaarten die geldig zijn voor een langere tijdsperiode waarin de abiotiek onveranderd blijft.

Vraag bij de gemaakte hindcast voor 1985 met het kokkel-habitatmodel is of er op deze manier wel harde uitspraken over de effecten van de Deltawerken gedaan kunnen worden. Indien het hele systeem zich aangepast heeft, kun je de oude situatie niet met het model van de nieuwe situatie beschrijven. Echter, de sterke overeenkomsten tussen Verdelingskaart 1985 (op basis van kokkelgegevens uit 1985) en de Habitatkaart 1985 (op basis van kokkelgegevens uit 1990-2001) lijkt te bevestigen dat de kokkels in de post-kering situatie grotendeels nog op dezelfde plekken voorkomen. Op basis van deze vergelijking kan verwacht worden dat de vier Kokkelhabitatkaarten, ondanks het feit dat zij nog niet zijn gevalideerd, een redelijk betrouwbaar, indicatief beeld geven van de veranderingen die sinds de aanleg van de Deltawerken zijn opgetreden. De gegevens die met de RIVO kokkelsurvey worden vergaard, geven het best beschikbare beeld van de kokkelbiomassa die er op een bepaald moment in de Oosterschelde aanwezig is, maar deze gegevens zijn, net als elke bodemdiersurvey, wel beïnvloed door factoren als voedselsituatie voor kokkels, predatie door vogels en visserij. Deze effecten worden bij de Habitatkaarten echter voor een veel groter deel weggemiddeld dan bij de Verdelingskaarten, die door dergelijke factoren juist wel sterk beïnvloed worden. Met deze tweeledige benadering kunnen deze effecten zichtbaar gemaakt worden door vergelijking van de gemiddelde en beïnvloede kaart-uitkomsten. Waar een goede geschiktheid van een gebied voor kokkels voorspeld wordt, hoeft dit dus nog niet te betekenen dat deze ook aangetroffen worden. De Habitatkaart zou wellicht verbeterd kunnen worden door andere factoren die potentiële invloed hebben op het kokkelvoorkomen in de analyse mee te nemen.

### Biogene structuren

In het intergetijdengebied van de Oosterschelde zijn biogene structuren zoals mosselpercelen en Japanse oesterbanken aanwezig op plaatsen die in potentie geschikt voor kokkels

zijn. Zo werden in de periode tot 1996 nog op diverse plaatsen litorale mosselpercelen aangetroffen en breidt de Japanse oester zich sinds de jaren '80 steeds verder uit op het intergetijdengebied. Van de voormalige litorale mosselpercelen in de Oosterschelde is bekend dat dit kokkelrijke gebieden konden zijn (mond. med. drs. M. van Stralen), voor de geheel aaneengesloten oesterbanken ligt dit anders. De mate waarin Japanse oesters en kokkels competeren om ruimte wordt besproken in Hoofdstuk 4.

### Dagzomende veenlagen

Een ander proces waardoor in werkelijkheid lagere bestanden zullen worden aangetroffen dan verwacht op basis van de Habitatkaarten, is het geëxponeerd raken van veenlagen bij het Verdrongen Land van Zuid Beveland, de Slikken van de Dortsman en in delen van de Noordtak (zie Hoofdstuk 2). Door de relatieve ongevoeligheid van veenpakketten voor erosie zal er geen verschil in hoogte meer gemeten worden en een relatief steeds hoger droogvalduurpercentage berekend worden voor deze slikdelen in vergelijking met het droogvalduurverloop op platen. Vervolgens wordt op basis van de relatief hoge droogvalduur een geschiktheid aan deze gebieden toegekend die in werkelijkheid heel anders zal liggen. Hoewel kokkels in verhouding tot bijvoorbeeld wadpiepen niet zo'n hele dikke sedimentlaag nodig hebben om zich in te graven, is een veenbank die zich gedraagt als hardsubstraat, ongeschikt voor kokkels. Waarnemingen op de plaatsen waar deze veenlagen bloot komen te liggen wijzen uit, dat de kokkels de laagste punten in zo'n veenbank opzoeken omdat zich hier nog het langst een (heel) dun zandlaagje bevindt waarin ze zich kunnen ingraven. Scholeksters maken op dit moment dankbaar gebruik van de situatie, aangezien deze kokkels voor hen nu voor het oprapen liggen (mond. med. drs. D.J. de Jong). Japanse oesters kunnen zich in tegenstelling tot kokkels echter prima hechten aan hardsubstraat (Hoofdstuk 4). De verwachting is dan ook dat de geëxponeerde veenlagen in korte tijd door oesters bezet zullen worden. Consequentie van dit proces is dat afhankelijk van de hoeveelheid dagzomende veenlagen in de komende tijd er in toenemende mate een afwijking zal optreden tussen voorspelde en werkelijke habitatgeschiktheid voor kokkels. Door het ontbreken van een goede inventarisatie konden deze geëxponeerde veenlagen niet in het kokkelhabitatmodel worden meegenomen, zodat op dit moment niet bekend is op welk type (geschikt of ongeschikt) kokkelhabitat dit proces de grootste impact heeft.



## 4. CONCURRENTIE OM RUIMTE TUSSEN JAPANESE OESTERS EN KOKKELS

### INLEIDING

Nadat de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) in 1964 geïntroduceerd is door oestertelers als alternatief voor de Zeeuwse platte oester (*Ostrea edulis*), is er de laatste jaren in de Oosterschelde sprake van een enorme toename in het oppervlak getijdengebied dat bedekt is met Japanse oesterbanken (Foto 4.1). Door de structuur en omvang van deze oesterbanken ontstond al snel het vermoeden dat de Japanse oester om ruimte zou kunnen concurreren met de oorspronkelijke bodemfauna van de Oosterschelde. Op de plaats waar zich een volwaardige oesterbank gevormd heeft is de gehele oppervlakte bedekt met rechtopstaande oesters. Hoe hoger de bedekkingsgraad met oesters, hoe minder kokkels er voor kunnen komen; er blijft immers geen sediment over voor kokkels om zich in te graven. De opkomst van de Japanse oester in het litoraal en sublitoraal van de Oosterschelde en de concurrentie om ruimte tussen Japanse oesters en kokkels worden in dit hoofdstuk behandeld. Vergeleken met kokkels zijn Japanse oesters grote organismen, daardoor werd verondersteld dat er tevens een grote hoeveelheid water door deze schelpdieren gefiltreerd zou worden. Omdat naast de uitbreiding van Japanse oesters in het litoraal zich ook een omvangrijk deel van de oesterbanken onder de laagwaterlijn bevindt, ontstond het idee dat er wellicht ook competitie om voedsel zou kunnen optreden met andere filtreerders. Daarnaast is het mogelijk dat de Japanse oester larven van andere schelpdiersoorten affiltreert. Deze beide vormen van interactie tussen Japanse oesters en kokkels worden behandeld in Hoofdstuk 7.

Uitgebreidere informatie over de in dit hoofdstuk gepresenteerde resultaten zijn te vinden in 'Ecologisch profiel van de Japanse oester', Kater, 2003, RIVO rapport C032/03, 'Reconstructie van oppervlakten van litorale Japanse oesterbanken in de Oosterschelde in het verleden en een schatting van het huidig oppervlak', Kater & Baars, 2003, RIVO rapport C017/03 en 'Kokkelhabitatkaarten voor de Oosterschelde en Waddenzee', Kater et al., 2003, RIVO rapport C060/03.



Foto 4.1 Intergetijdengebied bedekt met Japanse oesters in de Zandkreek, aan de horizon de Zeelandbrug.

Foto: N. Steins.

#### 4.1 VOORGESCHIEDENIS JAPANESE OESTER IN DE OOSTERSCHELDE (NAAR DRINKWAARD, 1999)

Van oudsher werd de platte oester (*Ostrea edulis*) gekweekt in de Oosterschelde. In 1962 werd het bestand op 120 miljoen oesters geschat, met een marktproductie van ongeveer 30 miljoen oesters per jaar. Door de strenge winter van 1962-1963 werd het bestand teruggebracht tot 4 miljoen stuks. Op zoek naar alternatieven voor de platte oester introduceerden de oesterkwekers in 1964 de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) vanuit Brits Colombia in de Oosterschelde. De oesterteelt van Japanse oesters zou een tijdelijk karakter hebben omdat de Oosterschelde na afdamming een zoetwatersysteem zou worden. Als reactie op de watersnoodramp in 1953 stond voor 1978 immers de afsluiting van de Oosterschelde op de agenda van de Deltawerken. Daarnaast werd verondersteld dat de Japanse oester zich, vanwege de lage temperaturen, niet in de Nederlandse wateren zou kunnen voortplanten. Die veronderstelling bleek onterecht. In 1976, toen de zomertemperatuur van het zeewater gedurende 50 dagen boven de 20°C lag, vond de eerste uitbraak van larven plaats op de Yerseke Bank in de Kom van de Oosterschelde. Er was een goede ontwikkeling en afzetting van larven op beschutte plaatsen rond de laagwaterlijn onder andere op dijksglooiingen. Inmiddels was halverwege de jaren zeventig besloten een Stormvloedkering te bouwen in plaats van een dichte dam, vanwege het behoud van het unieke karakter van het natuurgebied Oosterschelde. Aan het eind van 1976 werd de import van Japanse oesters daarom verboden. Helaas bleek het 'kwaad' toen al geschied...

De relatief warme najaarstemperatuur in 1989 maakte weer een goede broedval van oesterlarven mogelijk. Omdat de winter- en voorjaarstemperatuur (1989-1990) ook boven het langjarig gemiddelde lagen, kon het broed goed overleven en uitgroeien. Dit was de eerste warmere periode sinds de voltooiing van de Deltawerken en er zouden er nog meer volgen, bijvoorbeeld in 1992 en 1994. Het oppervlak aan Japanse oesters is sinds de eerste broedval in 1976 toegenomen tot een litoraal oppervlak van minstens 640 hectare in 2002. Het voorkomen van de Japanse oester is niet tot de Oosterschelde beperkt gebleven. In 1987 vond voor de eerste maal broedval plaats in het Grevelingenmeer. In de jaren tachtig vond sporadische vestiging van Japanse oesterlarven in de Westerschelde plaats, waarna in de

jaren negentig het aantal oesters in de Westerschelde toenam. In de Waddenzee worden Japanse oesters tegenwoordig tot in het Eems-Dollard estuarium gemeld op mosselbanken en dijkvoeten (de Vlas, 2002). In de Mokbaai op Texel zijn inmiddels de eerste banken van Japanse oesters in de Waddenzee te zien.

#### 4.2 TOLERANTIES VOOR TEMPERATUUR EN SALINITEIT

Japanse oesters kunnen bij een zeer brede temperatuursrange voorkomen. Hoewel de Japanse oester het beste groeit bij een watertemperatuur tussen de 1 en 34°C, treedt pas onder de -5°C of boven de 43°C mortaliteit op. De optimale temperatuur voor de voortplanting van oesters ligt tussen de 20 en 25°C, maar zodra de temperatuur boven de 16-18°C stijgt is broedval al mogelijk. Doordat het water in de Oosterschelde na de aanleg van de Deltawerken een langere verblijftijd heeft gekregen vindt er sindsdien een betere opwarming plaats van water in de ondiepe delen: vooral in de Kom. Dit is hoogstwaarschijnlijk de verklaring voor de zeer succesvolle broedval van 1989 die in de Kom begon. De Japanse oester heeft een voorkeur voor zoutgehaltes tussen de 11 en 34‰, maar voortplanting kan nog optreden tussen de 10 en 42‰. De zoutgehalten in de Oosterschelde zijn sinds de aanleg van de compartimenteringsdammen gelijkmatiger verdeeld, met minder fluctuaties, waardoor het zoutgehalte voor oesters waarschijnlijk nooit een beperkende factor zal zijn. Ook in het brakke water van het Veerse Meer (10 - 15‰) en bij lozingspunten van polderwater komt de Japanse oester voor.

#### 4.3 INTERACTIE MET ANDERE ORGANISMEN

##### Ruimtecompetitie

Een blijvende populatie van Japanse oesters kan effecten hebben op de ecologie van een gebied. De Japanse oester kan zich vestigen op sublitorale en litorale delen en daarmee het habitat van de oorspronkelijke bodemfauna verstoren of zelfs drastisch wijzigen. Van de Japanse oester is bekend dat deze om ruimte kan concurreren met de Amerikaanse oester (*Crassostrea virginica*), strandgaper (*Mya arenaria*) en mossel (*Mytilus edulis*) en deze soorten geheel kan vervangen (Shatkin, 1997).



In gebieden met een geschikte bodem (hard substraat in de vorm van stenen, rotsen of schelpen) en de juiste watertemperatuur voor broedval creëren de larven van de Japanse oester een ‘tapijt’ van broedjes, die de strandgaper weg competeert op basis van voedsel en ruimte. Dit mechanisme zou bij kokkels op dezelfde manier kunnen werken.

#### Diversiteit van sublitorale hardsubstraat-levensgemeenschappen

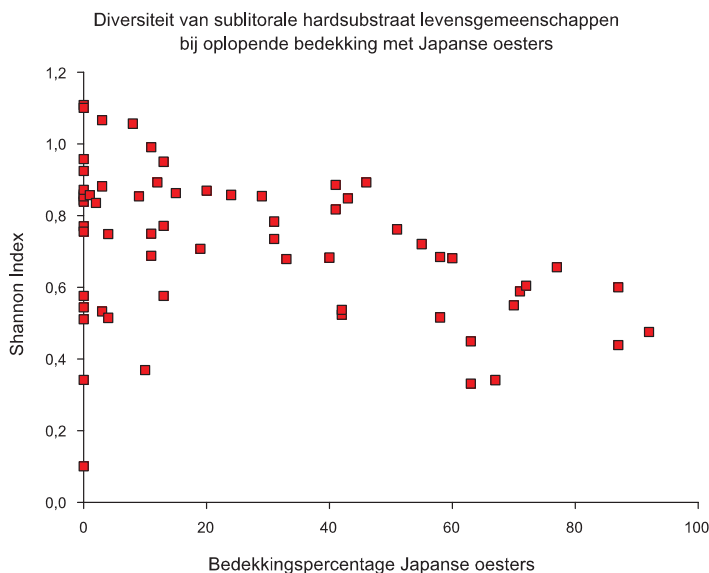
Japanse oesters vestigen zich vooral goed op harde substraten. De Oosterschelde herbergt nog altijd de soortenrijkste sublitorale hardsubstraat levensgemeenschappen van Nederland, maar deze zijn aan veranderingen onderhevig. De Japanse oester lijkt hier een grote rol in te spelen. Sublitorale oesterbanken kunnen als nieuwe natuurwaarde gewaardeerd worden, bijvoorbeeld vanwege het gunstige habitat dat gecreëerd wordt voor zeekreeften, grondels en dergelijke. Aan de andere kant laat een recente studie zien dat het onderwaterleven op harde substraten minder divers wordt bij een

hoge bedekkingsgraad van Japanse oesters (de Kluijver & Dubbeldam, 2003). De relatie tussen biodiversiteit en bedekkingsgraad van het sublitorale substraat door Japanse oesters staat in Figuur 4.1, uitgedrukt als de soortdiversiteit volgens de Shannon Index (Shannon & Weaver, 1949). De gebruikte data zijn afkomstig uit monitoringsgegevens van bijna duizend monsterpunten in de periode 1985 t/m 2002.

Figuur 4.1 laat zien dat bij een bedekkingsgraad met Japanse oesters van minder dan 10% een grote variatie qua soortdiversiteit zichtbaar is, terwijl bij een bedekkingsgraad van 60% of meer deze variatie veel kleiner is. Als de bedekkingsgraad boven de 60% komt, dalen de trendlijnen onder de gemiddelde waarde bij 10-60% bedekking. Naarmate de bedekkingsgraad met Japanse oesters hoger is worden er dus minder diverse levensgemeenschappen aangetroffen. Deze trend vertoont zich sterker in het ondiepe (-5 tot -15m NAP) en diepe (dieper dan -15m NAP) sublitoraal, dan in de wierzone (tot -5m NAP). Voor het litoraal zijn op dit moment geen kwantitatieve gegevens beschikbaar.

#### Natuurlijke vijanden van de Japanse oester

Kleine Japanse oesters (tot zo'n 35 mm) worden op kleine schaal gepredeerd door zeesterren, krabben, kreeften, vissen en vogels. Er is momenteel maar één natuurlijke vijand van grotere Japanse oesters bekend, die op redelijk grote schaal voorkomt in de Oosterschelde: de druipzakpijp (*Didemnum lahillei*) (Foto 4.2). Deze kolonievormende zakpijp groeit graag over andere organismen heen en lijkt een voorkeur te hebben voor de Japanse oester (de Kluijver & Dubbeldam, 2003; Gmelig Meyling & de Bruyne, 2003). De door deze soort gevormde plakken groeien uit en ‘druipen’ over de organismen heen. Doordat ze zo de sifons van de oesters overgroeien verstikken ze deze schelpdieren. De druipzakpijp is een relatieve nieuwkomer in Nederland (eerste vermelding in 1991), maar heeft zich desondanks al sterk uitgebreid over bestaande sublitorale oesterbanken, vooral in de Noordtak van de Oosterschelde (het Zijpe). Er lijkt in de opkomst van de druipzakpijp een piek te zijn geweest in de jaren 1996 t/m 1998, waarna de bedekkingsgraad is afgenomen en de dode oesterschelpen weer gekoloniseerd zijn door nieuwe oesterbroed.



Figuur 4.1 Diversiteit van sublitorale levensgemeenschappen bij een oplopende bedekkingsgraad van Japanse oesters, gebaseerd op waarnemingen op bijna duizend monsterlocaties in de Oosterschelde over de periode 1985-2002 (de Kluijver & Dubbeldam, 2003).



Foto 4.2 De kolonievormende druipzakpijp *Didemnum lahillei* op Japanse oesters in het Zijpe.

Foto: R. Leeuwis / TPS

Voor het intergetijdengebied is alleen bekend dat zilvermeeuwen Japanse oesters oppakken om ze vanaf grote hoogte naar beneden te laten vallen, waardoor deze breken en gegeten kunnen worden. Dit gebeurt echter op zo'n kleine schaal dat de invloed op de litorale oesterbanken nihil is. Japanse oesters dragen ook verschillende soorten parasieten bij zich, waarvan wormen van het geslacht *Polydora* het meest frequent voorkomen bij oesters in de Oosterschelde. Deze parasitaire worm boort zich in de schelp en leeft en reproduceert daar. De *Polydora* worm kan een nadelig effect op de Japanse oester hebben doordat zijn boorgaten de schelp kunnen verzwakken en bij infectie met een groot aantal van deze wormen kan de conditie van de oester achteruit gaan. In de Oosterschelde wordt echter geen effect van de *Polydora*-infectie waargenomen.

#### 4.4 RECONSTRUCTIE OPPERVLAKE BEDEKT MET JAPANESE OESTERS IN 1980, 1990 EN 2002

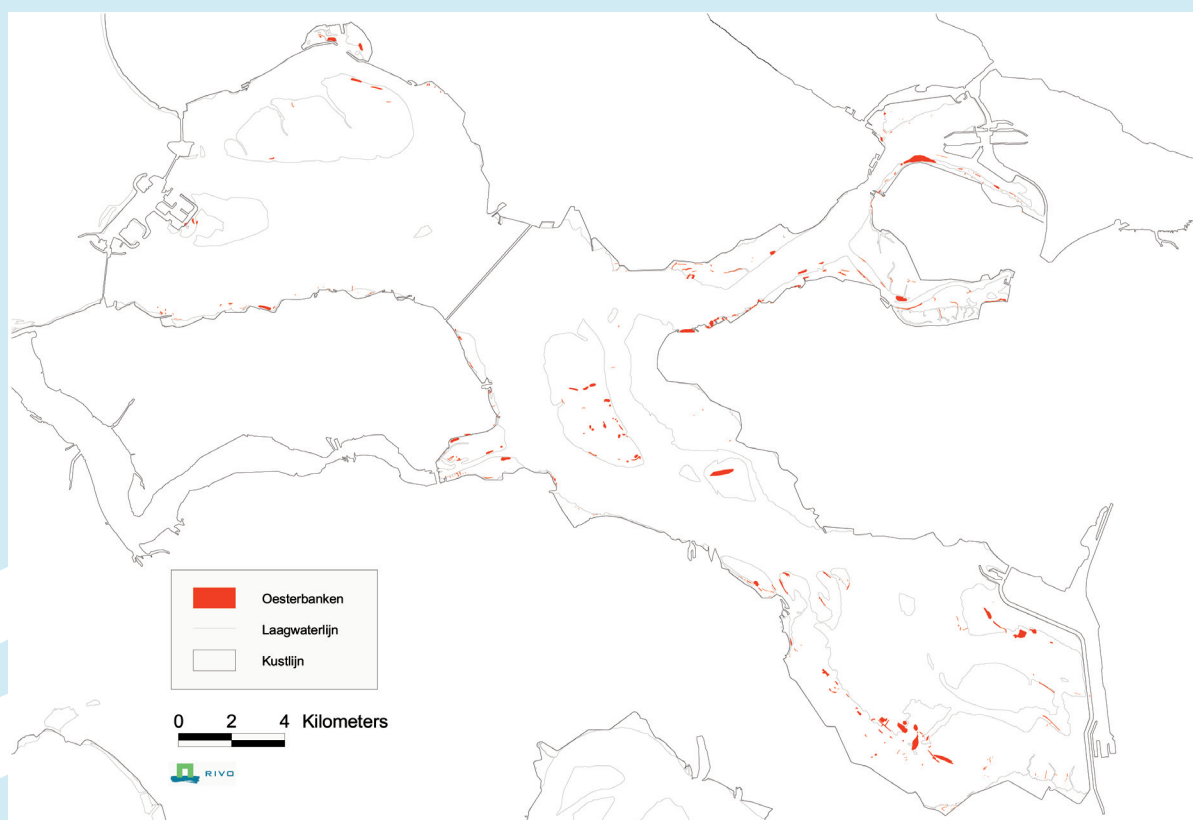
Om te bepalen in hoeverre er sprake is van concurrentie van de Japanse oester om ruimte met de kokkel in het intergetijdengebied van de Oosterschelde, is eerst het oppervlak bedekt met Japanse oesters gereconstrueerd voor een drietal tijdsperioden. Op basis van luchtfoto's is het bestand aan oesters op droogvallende platen in 1980 (15 ha) en 1990 (210 ha) geschat (Kaart 4.1, 4.2). In 2002 zijn de oesterbanken in het veld 'ingelopen' en zijn de contouren vastgelegd met een Global Positioning System (GPS). Aanvullend zijn banken vanaf recente luchtfoto's ingetekend. Kaart 4.3 laat het gebied bedekt met Japanse oesters in 2002 zien, gebaseerd op de veldwaarnemingen en aangevuld met de luchtfoto's (640 ha).

### Litorale Japanse oesters in 1980



Kaart 4.1 Bedekking intergetijdengebied met oesters in 1980: 15 ha.

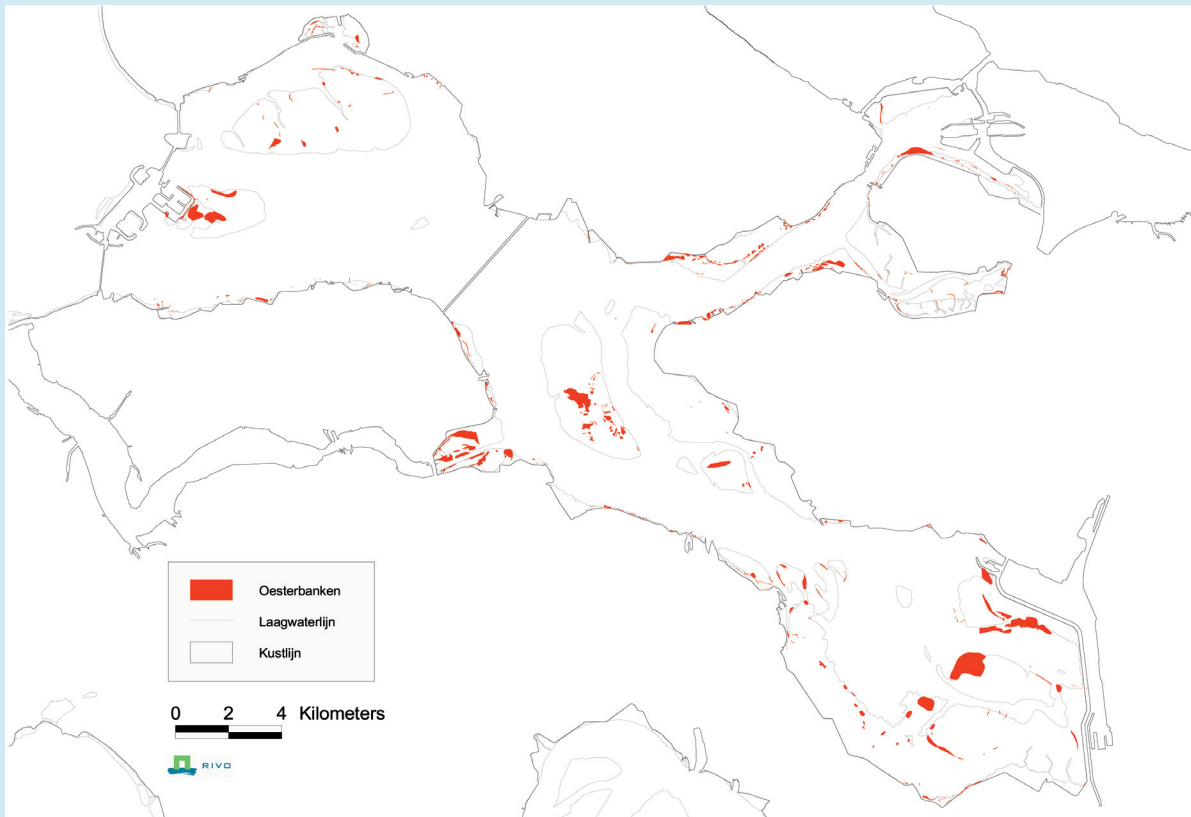
### Litorale Japanse oesters in 1990



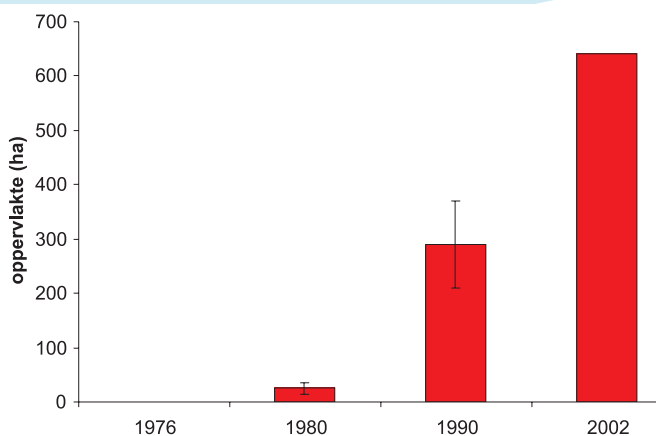
Kaart 4.2 Bedekking intergetijdengebied met Japanse oesters in 1990: 210 ha.



### Litorale Japanse oesters in 2002



Kaart 4.3 Bedekking intergetijdengebied met Japanse oesters in 2002: 640 ha (ongeveer 6% van het totaal).



Figuur 4.2 Ontwikkeling van het oppervlak intergetijdengebied bedekt met Japanse oesters in de Oosterschelde.

Als de Kaarten 4.1, 4.2 en 4.3 met elkaar vergeleken worden is er een duidelijke toename te zien van de Japanse oester in het intergetijdengebied van de Oosterschelde. Figuur 4.2 toont de ontwikkeling van het areaal Japanse oesterbanken sinds 1976. Hoewel er sprake lijkt te zijn van een gestage toename is het op basis van deze vier oppervlakeschattingen niet mogelijk om vast te stellen of er thans nog steeds sprake is van een gestage toename van de bedekking of dat er inmiddels al 'afvlakking' van de toename plaatsvindt.

#### 4.5 UITBREIDING JAPANESE OESTER IN HET SUBLITORAAL VAN DE OOSTERSCHELDE

Om naast het beeld dat verkregen is voor het litoraal ook inzicht te krijgen in de manier waarop de Japanse oester zich binnen de Oosterschelde heeft uitgebreid, zijn aanvullende gegevens gebruikt over de ontwikkeling van de Japanse oester in het sublitoraal van de Oosterschelde. Het betreft zowel een veldverkenning in 2002 naar het areaal sublitorale Japanse oesterbanken als twee monitoringsprogramma's waarin de ontwikkeling van hardsubstraatbegroeiingen is gevolgd.

In 2002 is er een grove schatting gemaakt van het sublitorale oppervlak dat bedekt is met Japanse oesters. Dit is gedaan door een groot deel van de Oosterschelde op te nemen met een zogenaamde 'side scanning sonar' (Bijlage 5), waarbij door de brede opnamehoek van de sonar (strookbreedte 150m) een zo representatief mogelijke opname gemaakt is met zowel zandige bodems als bestorte geulwanden. Gelijktijdig met de opnamen werden de sonarbeelden geverifieerd door duikers. Door deze beelden vervolgens in GIS in te voeren, te interpreteren op de aanwezigheid van sublitorale oesterbanken en het oppervlak van de ingetekende banken te extrapoleren naar de gehele Oosterschelde is uit een gescand oppervlak van 19 km<sup>2</sup> geschat dat in 2002 ongeveer 700 hectare van het sublitoraal van de Oosterschelde bedekt was met Japanse oesters. Hoewel de onzekerheidsmarge met betrekking tot deze schatting groot is, kan wel gezegd worden dat er sprake is van een zelfde orde-grootte van bedekt oppervlak met Japanse oesters als in 2002 voor het litoraal gevonden is.

Inzicht in het historische verloop van de uitbreiding van de sublitorale Japanse oesters in de Oosterschelde is verkregen uit twee verschillende, onafhankelijke bronnen met gegevens over sublitorale begroeiing van harde substraten in de Oosterschelde:

- UVA / AquaSense: dit zijn de gegevens die door Dr. M. De Kluijver en Ing. M. Dubbeldam op bijna duizend monsterlocaties verspreid over de dijkgloreringen en andere waterstaatkundige werken in de Oosterschelde verzameld zijn in de periode 1985 t/m 2002 (Bijlage 6). Tijdens de bemonsteringen worden van proefvlakjes de complete soortensamenstelling bepaald en per soort het bedekkingspercentage

geschat. De Japanse oester is een reeds lang en veelvuldig aangetroffen soort in dit programma.

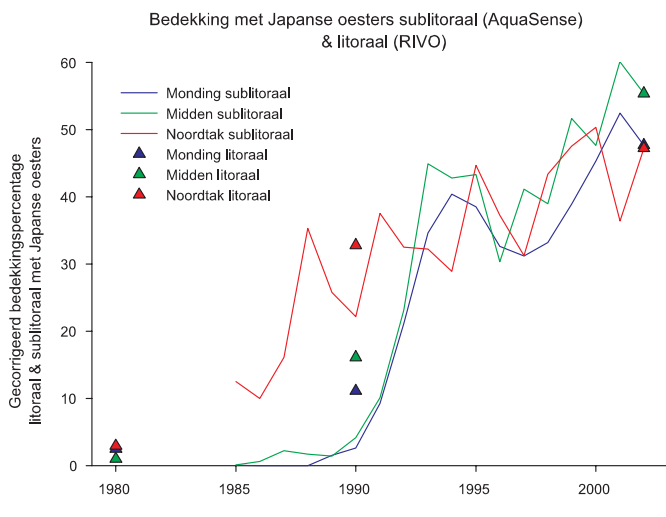
- Stichting Anemoon (ANalyse Educatie en Marien Oecologisch ONderzoek) beheert de waarnemingen die door sportduikers op een vast aantal locaties in de Oosterschelde van het onderwaterleven worden gedaan (Bijlage 7). De waarnemingen van een vaste reeks soorten (waaronder de Japanse oester) worden op gestandaardiseerde wijze genoteerd op een scoreformulier, waarbij naar soort de mate van voorkomen wordt vermeld (zeldzaam, algemeen of massaal). Deze gegevens worden gecontroleerd op afwijkingen en statistisch geanalyseerd.

Zie ook [www.anemoon.org](http://www.anemoon.org)

De Kom van de Oosterschelde is door de beperkte gemiddelde diepte (ongeveer 4 meter) en de aanwezigheid van verwaterpercelen (verboden toegang) een ongeschikt duikgebied, en daarom voor beide bovengenoemde bronnen niet toegankelijk. De gegevens uit de bovenstaande bronnen zijn gerangschikt naar de drie overblijvende deelgebieden: Monding, Midden en Noordtak en zijn in twee afzonderlijke figuren weergegeven (Figuren 4.4 & 4.5). Om vast te stellen of de gevonden verhouding tussen het bedekte oppervlak in het litoraal en sublitoraal in 2002, in 1990 en 1980 ongeveer vergelijkbaar was, zijn de litorale bedekkingspercentages van Monding, Midden en Noordtak in de figuren opgenomen, waarbij per deelgebied de litorale en sublitorale bedekkingspercentages in 2002 gelijk gesteld zijn.

Figuren 4.4. en 4.5 vertonen opvallende overeenkomsten. Duidelijk komt naar voren dat de opkomst in de Noordtak al eerder op gang is gekomen dan in de rest van de Oosterschelde. In beide grafieken is de explosieve opkomst van de Japanse oester in het mondings- en Middengebied te zien in de periode 1989 t/m 1994. Deze toename is waarschijnlijk grotendeels een gevolg van de uitgroei van de goede broedval in 1989. Doordat de watertemperatuur in de zomers van 1992 en 1994 langdurig boven de 20°C was, werden weer goede broedvallen gestimuleerd. De opkomst lijkt hierdoor in het Middengebied en de Monding zeer snel en redelijk gelijktijdig te zijn verlopen, waarbij het Middengebied hoger doorschiet (in bedekkingspercentage en gemiddelde abundantie) dan de Monding. De eerste ontwikkeling van Japanse oesters in de Kom



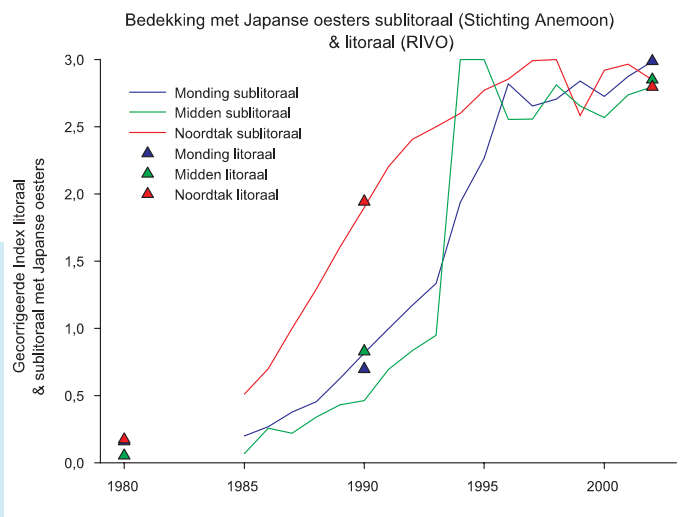


*Figuur 4.4 Percentage sublitoraal hardsubstraat bedekt met Japanse oesters in de periode 1985 t/m 2002, gebaseerd op jaarlijkse opnamen op 31 locaties, gegroepeerd per deelgebied. Bron: M. de Kluijver (UVA) & M. Dubbeldam (AquaSense). De litorale bedekkingspercentages per deelgebied zijn als punten geplot en gestandaardiseerd op 2002.*

na de introductie in dit deel van de Oosterschelde kan door gebrek aan gegevens niet bevestigd worden.

De 'dip' in Figuur 4.4 voor Mondings- en Middengebied in de periode 1994 t/m 1998 wordt veroorzaakt doordat in deze periode aanvullende locaties werden toegevoegd aan de AquaSense – monitoring. Deze locaties bevonden zich langs de kust van Noord-Beveland, het enige deel van de Oosterschelde oever dat nog niet door Japanse oesters bedekt was. In werkelijkheid is er dus waarschijnlijk geen sprake geweest van een afname in bedekkingspercentage in deze periode, zoals deze figuur suggereert. De door Stichting Anemoon gehanteerde methodiek heeft ook invloed op Figuur 4.5. Zo is de schijnbaar regelmatige toename in de Noordtak (bijvoorbeeld 1986 t/m 1991) voor een groot deel het gevolg van relatief weinig waarnemingen, hetgeen in de statistische verwerkingsmethode ertoe leidt dat de grafiek voor die periode 'glad gestreken' oogt (imputingartefact). Figuur 4.4 geeft voor wat de Noordtak betreft daarom waarschijnlijk een betere benadering van de werkelijkheid.

Doordat in 1994 door waarnemers van Stichting Anemoon zeer veel meldingen zijn gemaakt van massaal voorkomen van oesters in het Middengebied, is het plafond van de gehanteerde parameterwaarde bereikt. Het is dus waarschijnlijk dat de populatie in werkelijkheid na 1994 nog wel verder is toegenomen, maar dat dit niet langer zichtbaar is te maken met de door Stichting Anemoon gehanteerde methodiek. De door AquaSense gehanteerde methode (bedekkingspercentage) geeft een beter beeld van de uitbreiding na 1995.



*Figuur 4.5 Voorkomen van de Japanse oester in 3 klassen (frequent, abundant, massaal) op sublitoraal hardsubstraat in de Oosterschelde. Waarnemingen verricht door sportduikers op 38 locaties in de Oosterschelde. Bron: Stichting Anemoon. De litorale bedekkingspercentages per deelgebied zijn als punten geplot en gestandaardiseerd op 2002.*

Overigens heeft Bureau Waardenburg in de periode 1989 t/m 1998 ook monitoring uitgevoerd aan de levensgemeenschappen in de Oosterschelde. In 1998 is de opkomst van de Japanse oester in de Oosterschelde ook al gerapporteerd, waarbij in grote lijnen hetzelfde verspreidingspatroon naar voren kwam en een verdere toename eind jaren '90 ook vastgesteld is (van Moorsel & Waardenburg, 1998).

De in Figuur 4.4 en 4.5 geplote litorale bedekkingspercentages laten zien dat als aangenomen wordt dat de verhouding tussen de oesterbedekking in het littoraal en sublitoraal in 2002 gelijkgesteld wordt, deze verhouding in 1990 en 1980 ook ongeveer gelijk geweest zal zijn. In 1990 is de overeenkomst het sterkst voor de Noordtak en de Monding, in het Middengebied worden iets meer oesters in het littoraal dan in het sublitoraal aangegeven. Op basis van de beschikbare data kan geconcludeerd worden dat er gedurende de ontwikkeling van de Japanse oester in de Oosterschelde sprake is geweest van een ongeveer gelijke verhouding tussen de litorale en sublitorale oppervlaktebedekking.

#### 4.6 BEDEKKING LITORALE KOKKELHABITAT MET OESTERBANKEN

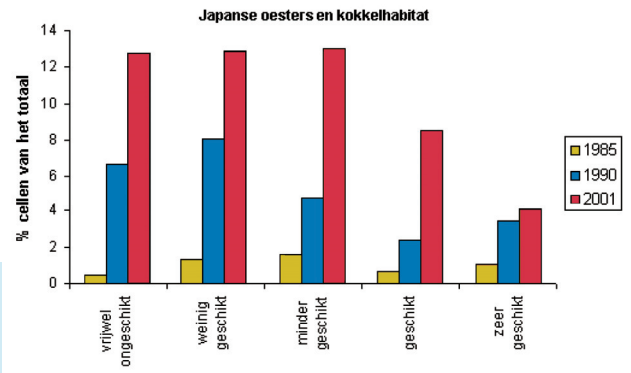
Concurreren Japanse oesters en kokkels om ruimte? Deze vraag is onderzocht door de areaalkaarten van de Japanse oesters uit dit hoofdstuk te combineren met de Kokkelhabitatkaarten uit Hoofdstuk 3. Dat is gedaan onder de aanname dat de Kokkelhabitatkaarten niet

specifiek geldig zijn voor het ene jaar waarvoor ze gemaakt zijn, maar voor een grotere tijdsperiode waarin de abiotiek in grote lijnen onveranderd blijft. Met GIS zijn daartoe de kaarten gecombineerd en is bepaald in welke habitatsgeschiktheidsklassen voor kokkels de oesterbanken zich bevonden. Van de kaart met gereconstrueerde oesterbanken uit 1980 is hierbij het percentage cellen (in GIS zijn deze kaarten in de vorm van gridcellen opgebouwd) per klasse van de Habitatkaart 1985 bepaald. Hetzelfde is voor de Habitatkaart 1994 met de oesterreconstructie van 1990 gebeurd en de Habitatkaart van 2001 is met de oesterreconstructie van 2002 gecombineerd. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 4.6.

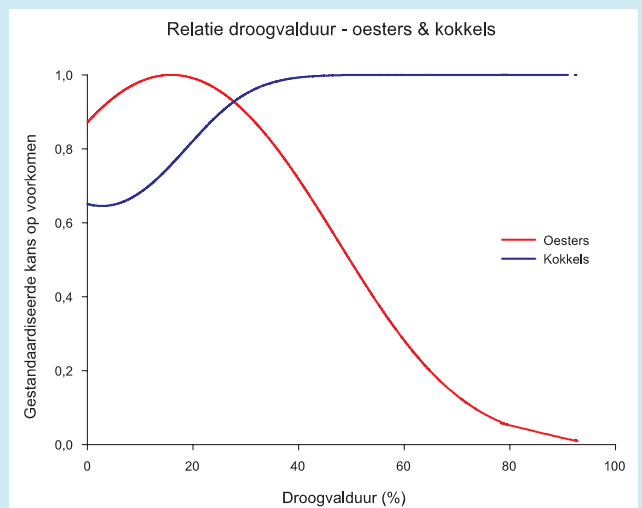
Figuur 4.6 laat zien dat op alle klassen van de Habitatkaarten een toename van de bezetting met oesters te zien is, maar dat de toename het grootst is in suboptimaal (groen en blauw) kokkelhabitat. Tussen 1990 en 2001 lijkt er op het optimale kokkelhabitat (rood) nauwelijks sprake te zijn van een toename. Waar oesters zich eenmaal gevestigd hebben gaan ze niet meer weg: in geen enkel geval is een afname in de bedekking met oesters te zien.

Uit Figuur 4.6 komt het beeld naar voren dat het gebied waar kokkels en oesters voorkomen deels overlapt, maar niet geheel samenvalt. Daarom is middels logistische regressie voor droogvalduur en stroomsnelheid de kans op voorkomen van enerzijds een dichtheid van meer dan 50 kokkels per vierkante meter berekend, en anderzijds de kans op het voorkomen van een oesterbank. De top van beide curven is gestandaardiseerd op 1 om een vergelijking mogelijk te maken. Figuur 4.7 laat de relatie tussen droogvalduur en de gestandaardiseerde kans op voorkomen van kokkels en oesters zien.

Nu wordt duidelijk dat in de huidige situatie het optimum voor oestervoorkomen bij een droogvalduur van 20% ligt, terwijl het optimum van kokkels voor droogvalduur bij de hogere delen ligt. De kans op kokkelvoorkomen is zeer hoog bij een droogvalduur van 40% of hoger. De biomassa zal echter bij deze langere droogvalduur dalen, omdat langere droogvalduur (= kortere overspoelingsduur) betekent dat er minder tijd is om voedsel op te nemen (Figuur 3.6). Het naar beneden afbuigen van de oestercurve onder de 20% droogvalduur wordt veroorzaakt doordat uitsluitend gegevens van litorale oesterbanken gebruikt zijn. In werkelijkheid zal deze curve op kans = 1 blijven doorlopen tot onder de laagwaterlijn.



Figuur 4.6 Percentage cellen van de afzonderlijke habitatklassen dat bezet wordt door oesters in 1985, 1990 en 2001.



Figuur 4.7 Gestandaardiseerde logistische curve voor oesters en kokkels bij abiotische variabele droogvalduur: kans op voorkomen van kokkels (in dichtheden > 50 m<sup>2</sup>) en oesters (bank).

Opmerking: bij een zeer hoge droogvalduur is de kans op kokkelvoorkomen weliswaar nog hoog, maar daalt de biomassa, het betreft dan dus steeds kleinere kokkeltjes.

Uit de analyse van de relatie tussen oesters en stroomsnelheid blijkt dat oesters bij verschillende stroomsnelheden een even grote kans op voorkomen hebben. De range van stroomsnelheden waarin oesters voorkomen is dus heel groot, waarbij de gevonden curve bovendien ook nog beperkt is door de ingegeven minimale en maximale stroomsnelheid. Er lijkt wat stroomsnelheid betreft voor de Japanse oesters geen beperking naar voren te komen voor de primaire vestiging of uitbreiding van bestaande riffen; dat kan dus zowel op luwe plekken als plaatsen met hogere stroomsnelheden plaatsvinden. Voor kokkels ligt dit echter anders. De logistische curve voor kokkels toont een optimum bij lage stroomsnelheden, terwijl bij toenemende stroomsnelheden de curve naar beneden afbuigt. Waar de kans op kokkelvoorkomen bij lage stroomsnelheden toeneemt, neemt de biomassa juist toe bij hogere stroom-

snelheden (Figuur 3.4). Lage stroomsnelheden spelen voor kokkels een belangrijke rol als zij zich als larve moeten vestigen (Kristensen, 1957). Een hogere voedseltoevoer gaat vaak gepaard met hogere stroomsnelheden, waardoor het optimum voor kokkelbiomassa rond de 30 cm/s gevonden wordt.

#### Veranderende droogvalduur – effecten op kokkels en oesters

Gezien de brede tolerantierange van oesters voor temperatuur en saliniteit (Paragraaf 4.2) en doordat geen significant model gemaakt kon worden voor stroomsnelheid (oesters komen bij een brede range aan stroomsnelheden voor) geven de verschillende optima van kokkels en oesters voor droogvalduur het beste het onderscheid weergeven tussen kokkel- en oestervoorkomen in de Oosterschelde. Oesters komen bij lage en kokkels bij hoge droogvalduren voor. Competitie om ruimte is het meest waarschijnlijk op die delen waar de oesters zich het meest uitbreiden, het suboptimale, laaggelegen kokkelgebied. Voor het hooggelegen optimale kokkelgebied lijken de oesters wat dat betreft geen directe bedreiging te vormen, ware het niet dat door de morfologische ontwikkelingen in de Oosterschelde het areaal intergetijdengebied met een droogvalduur van rond de 20% toeneemt ten koste van het areaal met een droogvalduur van 40% en hoger (Figuur 2.9). De structurele veranderingen die in het intergetijdengebied van de Oosterschelde plaatsvinden lijken dus ten gunste van de oesters en ten nadele van de kokkels uit te werken. Het zwaartepunt van de uitbreiding van de Japanse oester wordt in de deelgebieden gevonden waar tevens de grootste afname van droogvalduur vastgesteld is; het Middengebied en de Kom (Figuur 2.9).

#### Litorale mosselpercelen

In de periode tot 1996 bevonden zich in het litorale deel van de Oosterschelde mosselpercelen die rond 1993 grotendeels naar dieper water zijn verplaatst (Bijlagen 3 & 4). In een groot aantal gevallen is de ruimte die deze voormalige mosselpercelen innamen niet voor kokkels beschikbaar gekomen, maar gekoloniseerd door Japanse oesters. Voornamelijk in de Zandkreek, op de Vondelingsplaat en op de Slikken van Viane komt de ligging

van oesterbanken overeen met de locaties van de voormalige mosselpercelen (vergelijk Kaart 4.3 en Bijlage 3). Dat zich hier oesterbanken hebben kunnen ontwikkelen is enerzijds omdat deze locaties laag in het intergetijdengebied lagen met lage droogvalduren die optimaal voor de oesters zijn. Anderzijds zal de aanwezigheid van mosselschelpen in de ondergrond op deze locaties de initiële aanhechting van oesterbroed aan de ondergrond vergemakkelijkt hebben. Tot slot is ook het voor de oesters ongunstige ‘onderhoud’ van deze percelen weggevalen: de vissers verwijderden de oesters zoveel mogelijk van de percelen en tijdens de oogst van de mosselen werd het oppervlak natuurlijk geregeld ‘schoon’ gevist.

#### 4.7 CONCLUSIES

- De oppervlakte intergetijdengebied bedekt met Japanse oesters heeft zich uitgebreid van 15 hectare in 1980 naar 210 hectare in 1990 tot 640 hectare in 2002.
- De oppervlakte sublitoraal gebied bedekt met Japanse oesters is geschat op ongeveer 700 ha in 2002.
- De toename van de Japanse oester in het sublitoraal van de Oosterschelde is het eerst waargenomen in de Noordtak. Hoe de opkomst in het Komgebied is verlopen (waar de oorspronkelijke introductie heeft plaatsgevonden), kan niet gereconstrueerd worden door gebrek aan gegevens.
- De ontwikkeling van de Japanse oester in het litoraal en sublitoraal lijkt vrijwel synchroon te zijn verlopen.
- In de periode 1989-1994 heeft er een zeer sterke toename van de sublitorale Japanse oester plaatsgevonden in het Midden- en Mondingsgebied van de Oosterschelde. De verklaring hiervoor ligt in de goede broedval van 1989, 1992 en 1994, gestuurd door de relatief hoge watertemperaturen in de zomerperiode van deze jaren.
- Japanse oesters nemen het meest toe op suboptimaal kokkelgebied, laag in de getijdenzone (droogvalduur < 20%) waar het optimale kokkelhabitat zich hoog in de getijdenzone bevindt (droogvalduur > 40%). Hierdoor is het aannemelijk dat op het laaggelegen suboptimale kokkelgebied concurrentie om ruimte

optreedt tussen kokkels en oesters. Bij welke bedekingsgraad kokkels niet langer kunnen voorkomen tussen de oesters is onbekend. Bij een volledige bedekking kan echter redelijkerwijs aangenomen worden dat kokkels weggeconcentreerd zijn.

- Door de morfologische veranderingen die plaatsvinden in de Oosterschelde neemt het areaal getijdengebied met een droogvalduur < 20% toe ten koste van het areaal gebied met een droogvalduur > 40% (Hoofdstuk 2). Terwijl er sprake is van een negatief effect van een kortere droogvalduur op het kokkelbestand (Hoofdstuk 3), lijkt er tevens sprake te zijn van het meeliften van de Japanse oester op deze ontwikkeling. De omgeving lijkt dus ten gunste van de Japanse oesters en ten nadele van de kokkels te veranderen.
- Zowel de Japanse oesterbanken als de voormalige litorale mosselpercelen die zich tot 1996 in het intergetijdengebied bevonden liggen laag in het getijdengebied. Door de voorkeur van de Japanse oester voor een lage droogvalduur en het aanbod van schelpmateriaal op deze locaties lijkt de oester zich op een aantal van deze locaties flink uit te kunnen breiden, met name op de Vondelingsplaat, de Slikken van Viane en in de Zandkreek.

#### 4.8 DISCUSSIE

Per tijdsperiode zijn een groot aantal luchtfoto's gebruikt voor de bepaling van het door oesters bedekte oppervlak. In gevallen van het ontbreken van luchtfoto's van een deel van het gebied is de bedekking geschat door extrapolatie, waardoor onnauwkeurigheden optreden. Daarnaast zijn ook onnauwkeurigheden geïntroduceerd bij het bepalen van de grenzen van de oesterbanken; het valt niet mee om een definitie van een oesterbank op te stellen (wanneer spreek je van verspreid liggende oesters en wanneer van een bank?) die bij de beoordeling exact reproduceerbaar is. Alhoewel de

laatst genoemde afwijking zowel optreedt bij de interpretatie van luchtfoto's als bij het inlopen in het veld, blijkt de overeenkomst tussen de twee methoden behoorlijk goed te zijn. In het veld worden nog wel wat oesterbanken gezien die vanaf luchtfoto's niet waar te nemen zijn, met een onderschatting van het totaaloppervlak als resultaat. De drie reconstructies van het litoraal geven dus vooral een beeld van het minimumareaal.

Voor het sublitoraal dient onderscheid gemaakt te worden tussen de schatting van het bedekte oppervlak met Japanse oesters en de beschrijving van de ontwikkeling per deelgebied op basis van waarnemingen door duikers (AquaSense en Stichting Anemoon). De waarnemingen die door duikers worden verricht beslaan een specifiek deel van de Oosterschelde, voornamelijk de dijkgloreringen. De totale sublitorale oppervlakteschatting is onnauwkeurig, de afwijking is het gesommeerd effect van interpretatiefouten van sonarbeelden en extrapolatie naar een groter gebied. Met de sidescan sonar zijn echter wel ook de zandige delen van geulen in kaart gebracht. De sterke overeenkomst tussen het beeld dat de gegevens van AquaSense en Stichting Anemoon laten zien over de ontwikkeling in de tijd is opmerkelijk, aangezien sprake is van volledig onafhankelijke bevindingen.

Doordat er slechts in vier jaren het oppervlak dat bedekt is met Japanse oesters is gereconstrueerd, is niet duidelijk in hoeverre de toename in het intergetijdengebied lineair verloopt of dat inmiddels een plafond bereikt is. Ook al blijft het zwaartepunt van de bezetting bij een droogvalduur van 20% liggen, dan zal de situatie door de morfologische veranderingen toch verder verslechteren voor kokkels. Als daarnaast in de komende tijd blijkt dat oesters ook actief hoger gelegen delen kunnen koloniseren, dan zal de competitie om ruimte met kokkels veel directer zijn. In dat geval zal de situatie voor kokkels in hoog tempo verder verslechteren en kan met recht gesproken worden van de 'Oosterschelde'.







## 5. INVLOED VAN MECHANISCHE KOKKELVISSERIJ OP DE RUIMTELIJKE VERDELING VAN KOKKELBIOMASSA IN DE OOSTERSCHELDE

### INLEIDING

In dit hoofdstuk worden de resultaten die betrekking hebben op de invloed van mechanische visserij op het kokkelbestand van de Oosterschelde geïntegreerd. Omdat het schaalniveau waarop mogelijke effecten geanalyseerd worden van invloed is op de uitkomsten, zijn verschillende ruimtelijke en temporele benaderingen gevolgd, zowel op de schaal van de gehele Oosterschelde als op de schaal van de twee grootste platen binnen in de Oosterschelde: de Roggenplaat en de Vondelingsplaat.

Vanaf 1992 is informatie beschikbaar over de posities van kokkelschepen en de intensiteit waarmee oppervlakten in de Oosterschelde per jaar bevestigd zijn, de zogenaamde 'blackbox gegevens'. Door de beschikbare blackbox gegevens te combineren met de Kokkelhabitatkaarten (Hoofdstuk 3) kunnen de uitkomsten van het kokkelhabitatmodel geverifieerd worden. Voor de twee grootste platen in de Oosterschelde, de Roggenplaat en de Vondelingsplaat, is de meest bepalende invloedsfactor op de biomassa-verandering per m<sup>2</sup> van jaar tot jaar bepaald. Hierbij zijn broedval, vorstperioden gedurende strenge winters, scholeksterpredatie en visserij-intensiteit als mogelijk bepalende factoren meegenomen. Doordat ook de ligging van open en gesloten gebieden door de jaren heen bekend is, kan door vergelijking met de kokkelhabitatkaarten en het biomassaverloop geëvalueerd worden of de gebieden die gesloten zijn meer of minder geschikte kokkelgebieden waren in termen van habitat, biomassa per m<sup>2</sup> en totaalbestand.

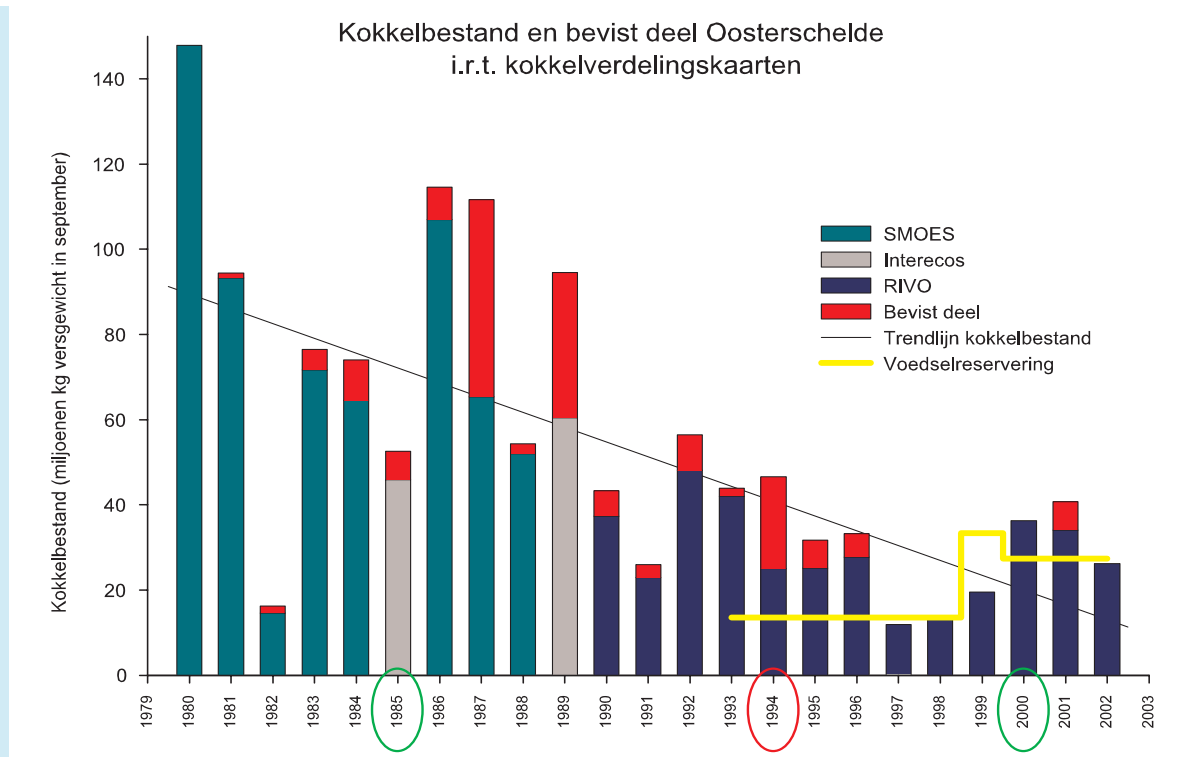
Tenslotte zal in dit hoofdstuk worden ingegaan op de afwijkende Kokkelverdelingskaart voor 1994 (Hoofdstuk 3). Mechanische kokkelvisserij heeft uiteraard een invloed op de kokkelpopulatie; wanneer er gevist wordt, wordt deze uitgedund. De invloed van de mechanische kokkelvisserij op de ruimtelijke verdeling van kokkelbiomassa is van belang voor de analyse van effecten op de scholeksterpopulatie.

Voor dit hoofdstuk is gebruik gemaakt van de resultaten uit twee onderliggende rapporten: het EVA II rapport van deelproject H4 'Dynamiek Kokkelbestanden', Kamermans et al., 2003, RIVO rapport C058/03, dat zich voornamelijk richt op factoren die van invloed zijn op de temporele variatie in het kokkelbestand van de Oosterschelde, de rapportage 'Kokkelhabitatkaarten voor de Oosterschelde en Waddenzee', Kater et al., 2003, RIVO rapport C060/03, die zich vooral richt op ruimtelijke variatie in kokkelbestanden en het rapport 'EVA II deelproject A1: Visserij-inspanning', Kamermans et al., 2003, RIVO rapport C057/03.

### 5.1 ONTWIKKELING MECHANISCHE KOKKELVISSERIJ OOSTERSCHELDE

Kokkelvisserij vindt naast de Oosterschelde plaats in de Waddenzee, de Voordelta en de Westerschelde. De mechanische visserij op kokkels loopt meestal van eind augustus tot eind december, terwijl de handmatige visserij op kokkels het gehele jaar kan plaatsvinden. In de Oosterschelde kwam begin jaren '70 het mechanisch opvissen van kokkels als alternatief voor het traditionele 'handkokkelen' op. Bij deze mechanische vorm van kokkelvisserij worden de kokkels met één of twee zuigkorren uit de bovenste sedimentlaag gehaald en aan boord van het kokkelvaartuig gezogen.

Een kokkelkor is een uit stalen spijlen bestaande korf op sleden, die door het schip over de bodem wordt voortgetrokken. Een combinatie van een waterstraal en een mes dat 2,5 tot 3 cm in de bodem steekt maakt de kokkels los uit de bodem, waarna deze met behulp van een pomp omhoog worden getransporteerd naar een lopende band. Het 'handkokkelen' gebeurt met een zogenaamde 'wonderklauw', een beugel met tanden waaraan een net is bevestigd die met behulp van een stok al achteruitlopend over de bodem wordt getrokken. In de jaren '80 is de productiecapaciteit verder uitgegroeid totdat er in 1993 in de Structuurnota Zee- en Kustvisserij beperkingen gesteld werden aan het aantal vergunningen.



Figuur 5.1 Bestand van kokkels in de Oosterschelde voor de periode 1980 t/m 2002 in miljoen kilo vers gewicht in september inclusief als bevist deel van het totale bestand per jaar. De cirkels geven de jaren aan waarvoor Habitat- en Verdelingskaarten zijn gemaakt en of deze kaarten goed (groen) of slecht (rood) overeenkomen (Hoofdstuk 3).

### Blackbox gegevens kokkelschepen

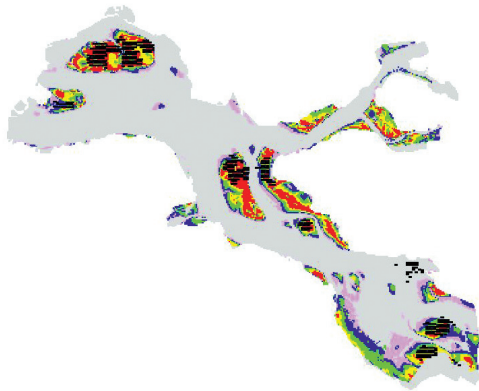
Vanaf 1992 zijn alle kokkelschepen uitgerust met een zogenaamde 'blackbox'. Dit is een satelliet gestuurd positiebepalingssysteem (GPS), dat de bewegingen van kokkelschepen in kaart brengt. Hiermee kan gecontroleerd worden of kokkelschepen buiten de voor visserij gesloten gebieden blijven. Wanneer de pompen op het schip aanstaan wordt elke minuut een signaal uitgezonden waarmee de positie en snelheid van de kokkelschepen bepaald kan worden. Met deze gegevens is het zowel mogelijk om de positie van het beviste gebied te bepalen als de intensiteit waarmee er gevist is. Dit gebeurt door het aantal keren dat een kokkelschip over eenzelfde oppervlak gevaren is te bepalen en hieraan een visserij intensiteit te koppelen. Alleen visserij-intensiteiten van 3% of meer worden als werkelijke bevissing meegerekend, aangezien de pomp van een schip soms ook aan kan staan zonder dat er gevist wordt.

### Open en gesloten gebieden

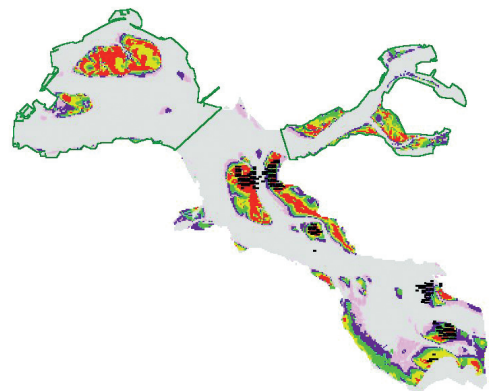
Tot 1990 was de visserij op kokkels in de gehele Oosterschelde vrij, er waren geen gesloten gebieden. In 1990 en 1991 zijn er in de Oosterschelde wisselende gebieden gesloten voor de visserij, die per visserijseizoen opnieuw vastgesteld werden. In 1992 was de gehele Oosterschelde open voor kokkelvisserij, waarna in 1993 twee gebieden vast gesloten werden, de Noordtak en de westpunt van de Roggenplaat. In 1996 zijn vanwege de zeer lage kokkelstand naast de eerder gesloten gebieden ook aanvullende delen gesloten. Door een combinatie te maken van de Kokkelhabitatkaart 1994 met de blackbox gegevens en begrenzingen van gesloten gebieden van 1992 t/m 2001 ontstaan Figuren 5.2 t/m 5.7. Zo wordt duidelijk hoe de ruimtelijke ligging van beviste oppervlakten in de Oosterschelde in 1992, 1993, 1994, 1995, 1996 en 2001 is geweest ten opzichte van de ontwikkeling van het kokkelhabitat.

Let wel, deze kaarten geven dus niet de intensiteit weer waarmee deze oppervlakten bevist zijn!

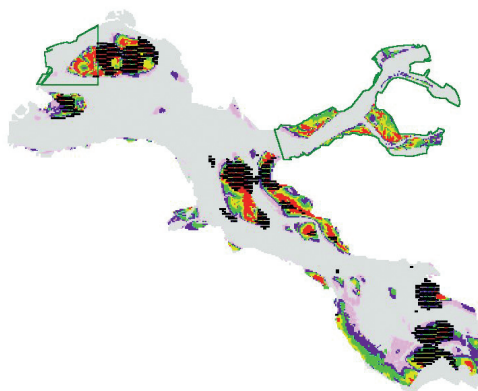
## 5.2 HABITAT EN BEVIST GEBIED IN 1992



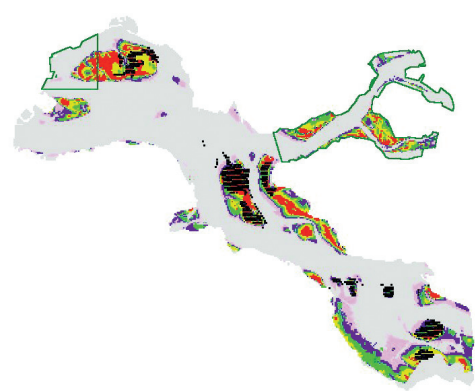
## 5.3 HABITAT, GESLOTEN EN BEVIST GEBIED IN 1993



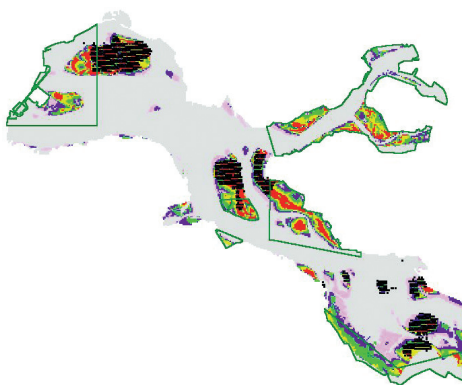
## 5.4 HABITAT, GESLOTEN EN BEVIST GEBIED IN 1994



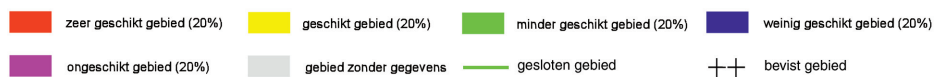
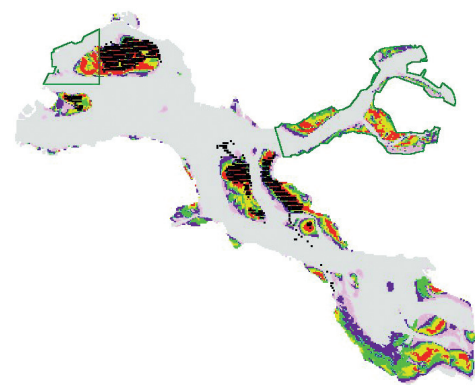
## 5.5 HABITAT, GESLOTEN EN BEVIST GEBIED IN 1995



## 5.6 HABITAT, GESLOTEN EN BEVIST GEBIED IN 1996



## 5.7 HABITAT, GESLOTEN EN BEVIST GEBIED IN 2001



Figuren 5.2 t/m 5.7 Kokkelhabitat, gesloten gebied en bevestigd gebied in de jaren 1992, 1993, 1994, 1995, 1996 en 2001. Voor de jaren 1992 t/m 1996 is de Kokkelhabitatkaart 1994 gebruikt (zie ook Kaart 3.3), voor 2001 is de Kokkelhabitatkaart 2001 gebruikt (zie ook Kaart 3.5). Gesloten gebied is met groene lijnen omcirkeld, bevestigd oppervlak (bevestigd met een intensiteit groter dan 3%), met zwarte punten. Voor kaarten 1992 t/m 1996 ontbreken droogvalduurgegevens voor de grijze gebieden in het zuidelijke deel van de Kom en Krabbenkreek.

### Mechanische kokkelvisserij door de tijd (Figuren 5.2 t/m 5.7)

- Nadat in 1990 het zuidelijke deel van de Kom en in 1991 het Mondingsgebied gesloten waren voor visserij, is in 1992 de gehele Oosterschelde opengesteld voor kokkelvisserij (Figuur 5.2). Er is gevist op de Roggenplaat, Neeltje Jans, de noordzijde van de Vondelingsplaat en Slikken van de Dortsman, op de Middelpilaat en de Hoge Kraaijer. In alle deelgebieden werd gevist behalve in de Noordtak, hoewel dit gebied wel open was gesteld.
- In 1993 zijn de Monding en de Noordtak gesloten voor visserij (Figuur 5.3). Hoewel de Monding in de daaropvolgende jaren weer gedeeltelijk geopend is, blijft de Noordtak vanaf 1992 gesloten. Er wordt dan gevist op het noordelijke deel van de Vondelingsplaat en de Slikken van de Dortsman, de Middelpilaat, de Hoge Kraaijer en de Speelmansplaat.
- Vanaf 1994 is de Structuurnota Zee- en Kustvisserij 'Vissen naar evenwicht' richtinggevend geweest voor de aanwijzing van open en gesloten gebieden. Afgesproken werd dat de Noordtak en een deel van de westelijke Roggenplaat gesloten zouden blijven voor visserij (Figuur 5.4). Met deze sluiting vond in 1994 visserij plaats op optimaal (rood) kokkelhabitat in alle deelgebieden, hoewel wederom het centrale deel van de Vondelingsplaat en de noord- en zuidzijde van de Roggenplaat niet bevestigd zijn. Een verklaring voor het niet bevestigen van deze delen wordt in paragraaf 5.2 gegeven.
- In 1995 zijn dezelfde gesloten gebieden gehanteerd als in 1994 (Figuur 5.5). Slechts een deel van het bevestigbare oppervlak optimaal kokkelhabitat op de Roggenplaat (rood) is bevestigd. Het optimale habitat op de Vondelingsplaat wordt op een klein stukje in het centrale deel van de plaat na, geheel bevestigd. In de Kom is al het optimale kokkelhabitat bevestigd.
- Gezien de zeer lage kokkelstand in 1996 werd besloten naast de Structuurnotagebieden aanvullende delen te sluiten voor visserij. Hiertoe is het gesloten gebied in het Mondingsgebied uitgebreid met Neeltje Jans en zijn de Slikken van Kattendijk, de Middelpilaat, het zuidelijk deel Vondelingsplaat en de Slikken van de Dortsman gesloten (Figuur 5.6). Van het (verkleinde)

gebied dat in 1996 bevestigd mocht worden is al het optimale kokkelhabitat bevestigd.

- In de jaren 1997 t/m 2000 waren de kokkelbestanden in de Oosterschelde zodanig laag dat met het oog op het voedselreserveringsbeleid in deze jaren niet op kokkels gevist mocht worden.
- In 2001 mocht er weer gevist worden en werden de oorspronkelijke Structuurnotagebieden aangehouden. Het gesloten gebied in de Monding werd ten opzichte van 1996 verkleind naar de situatie in 1994/1995 en verder bleef de Noordtak voor visserij gesloten (Figuur 5.7). Visserij vond in 2001 uitsluitend in het Mondings- en Middengebied plaats. Hoewel de Kom vier jaar gesloten is geweest voor visserij is er in 2001 niet gevist.

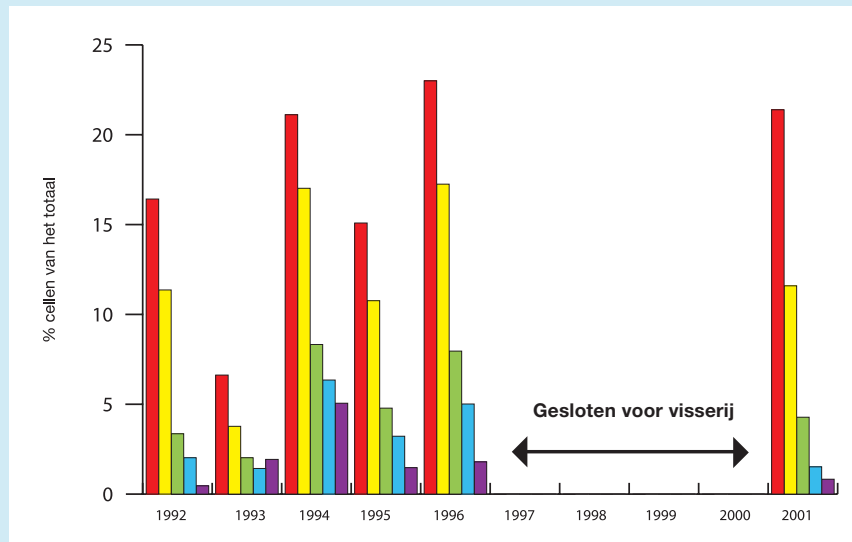
### Visserij op optimaal kokkelhabitat

Naast de Figuren 5.2 t/m 5.7 kan ook de verdeling van de visserij over de klassen van de Habitatkaart per jaar worden uitgezet. Hierbij wordt het aantal bevestigde cellen dat in een bepaalde habitatklasse valt uitgedrukt als percentage van het totaal aantal cellen van die habitatklasse op de Kokkelhabitatkaart 1994 (Figuur 5.8).

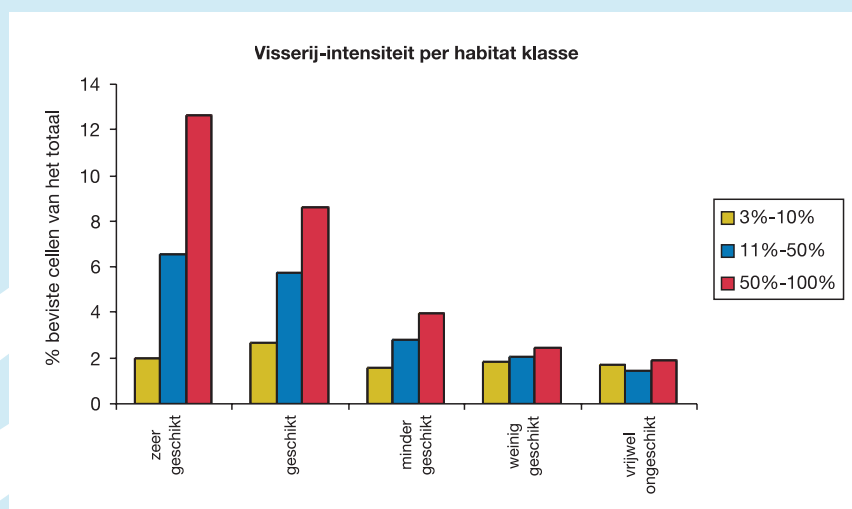
Figuur 5.8 laat zien dat elk jaar dat er gevist mocht worden in de Oosterschelde, het zwaartepunt van de bevestiging op de optimale kokkelhabitat (rood) ligt.

De intensiteit waarmee de verschillende habitatklassen bevestigd zijn wordt voor 1994 in Figuur 5.9 weergegeven als het percentage bevestigde cellen in 1994 bij een visserij-intensiteit van 3-10%, 11-50% en 50-100% per kleur van het totaal aantal cellen van de betreffende habitatklasse. 1994 is als illustratief voorbeeld genomen, omdat in dit jaar het de grootste aanlanding van kokkels voorkwam. Voor andere jaren wordt in grote lijnen dezelfde verdeling van visserij-intensiteit over de habitatklassen gevonden.

Figuur 5.9 laat zien dat er in 1994 het intensiefst gevist wordt (50-100%) op de gebieden die als zeer geschikt kokkelhabitat worden aangeduid op de Habitatkaart 1994 (rood). Naarmate de geschiktheid van gebieden als kokkelhabitat afneemt (blauw, paars) wordt een relatief steeds kleiner deel met een steeds lagere intensiteit bevestigd.



Figuur 5.8 Het percentage beviste cellen (bij een intensiteit van meer dan 3%) per jaar en per kleur van het totaal aantal cellen van die kleur op de habitatkaart (1992 t/m 1996 = Kokkelhabitatkaart 1994, 2001 = Kokkelhabitatkaart 2001, geschiktheid is aflopend van rood (zeer geschikt kokkelhabitat) tot paars (vrijwel ongeschikt kokkelhabitat). In de jaren 1997 t/m 2000 was de voedselreservering van kracht en mocht er niet op kokkels gevist worden.



Figuur 5.9 Het percentage beviste cellen in 1994 bij een visserij-intensiteit van 3-10%, 11-50% en 50-100% van het totaal van de betreffende habitatklasse op de Kokkelhabitatkaart 1994.



Kokkelvisseren vissen niet willekeurig, maar op de beste kokkelgebieden en daar vissen ze ook het intensiefst. Doordat de verdeling van de visserij-intensiteit correspondeert met het voorspelde kokkelhabitat, wordt de uitkomst van het kokkelhabitatmodel bevestigd. Hoewel er vanuit kan worden gegaan dat vissers op basis van de voorjaarsinventarisatie het intensiefst zullen vissen op de beste kokkelplekken, is het nog niet vanzelfsprekend dat de visserij-inspanning zich volgens de Habitatkaart verdeelt. Dat komt omdat het gebiedsdekkende kaartbeeld dat met het kokkelhabitatmodel gesimuleerd is verschilt van de puntinformatie uit de kokkelsurvey.

#### Litorale mosselpercelen verklarend voor niet bevissen optimaal kokkelhabitat

Uit Figuren 5.2 t/m 5.7 komt naar voren dat in een aantal jaren een aantal gebieden niet bevist zijn terwijl deze wel als geschikt kokkelhabitat voorspeld zijn en open waren voor de visserij. Naast het eerder genoemde afwijkende beeld voor de Noordtak en de westpunt van de Roggenplaat vallen vooral noord- en zuidzijde van de Vondelingsplaat, het centrale deel van de Vondelingsplaat en de Slikken van de Dortsman op. Het niet bevissen van een aantal van deze gebieden in de periode tot aan 1996 kan deels verklaard worden door de aanwezigheid van litorale mosselpercelen begin jaren '90. Het huidige mosselbestand bestaat vrijwel geheel uit gekweekte dieren die zich op kweekpercelen bevinden. Begin jaren '90 is de kweekmethode gewijzigd, waarbij het grootste gedeelte van de litorale mosselpercelen begin jaren '90 naar dieper water is verplaatst (zie ook Bijlagen 3 & 4).

Omdat opwervend slib ten gevolge van kokkelvisserij de mosselproductie nadelig beïnvloedde, werden gelijk al bij de opkomst van de mechanische kokkelvisserij begin jaren '70 afspraken gemaakt tussen mossel- en kokkelvisseren en het Ministerie LNV. Rondom elk verhuurd mosselperceel werd een corridor van 100 meter ingesteld waarbinnen geen mechanische kokkelvisserij mocht plaatsvinden, maar waar wel handkokkelarij was toegestaan. Wanneer naast uitgebruikname ook de huur van het mosselperceel werd opgezegd, werd het gebied weer open verklaard voor de mechanische kokkelvisserij. Sinds halverwege de jaren '90 is in een aantal van de 100m corridors weer beperkt kokkelvisserij toegestaan, daar waar de litorale mosselpercelen buiten gebruik zijn

gebleven. Op een aantal van deze locaties, zoals de Vondelingsplaat en de Zandkreek (waar voor een deel ook nog litorale mosselpercelen aanwezig zijn), heeft de Japanse oester zich echter ook sterk uitgebreid, en dat bemoeilijkt de bevissing.

#### 5.2 FACTOREN DIE HET BIOMASSAVERLOOP BEÏNVLOEDEN OP DE VONDELINGSPLAAT EN DE ROGGENPLAAT

In de voorgaande paragraaf is de ruimtelijke verdeling van de visserij-intensiteit op de schaal van de gehele Oosterschelde toegelicht. Om inzicht te krijgen in het temporele verloop van het kokkelbestand en de mogelijke verklaringen voor de biomassa-verandering van jaar tot jaar, is geprobeerd de meest verklarende factoren voor het verloop in biomassa en dichtheden te bepalen. Hierbij is zowel op de schaal van de gehele Oosterschelde gewerkt, als op de schaal van de twee grootste platen in de Oosterschelde: de Vondelingsplaat en de Roggenplaat. In Hoofdstuk 3 is naar voren gekomen dat de Roggenplaat en de Vondelingsplaat gedurende de jaren '90 het grootste aaneengesloten oppervlak optimaal kokkelhabitat herbergen. Om deze reden zijn deze platen van groot belang als voedselgronden voor de scholekster en als kokkelproductiegebieden voor de kokkelvisserij. De Vondelingsplaat en de Roggenplaat zijn vanaf 1992, wanneer toegestaan, altijd bevist (Figuren 5.2 t/m 5.7).

Naast visserij kunnen o.a. ook strenge winters, scholeksterpredatie en broedval het verloop en de verdeling van kokkelbiomassa beïnvloeden. Daarom is per plaat in een temporele analyse bepaald welk van deze vier factoren een significante rol speelt in het verklaren van het verloop van de gemiddelde kokkelbiomassa per m<sup>2</sup> van jaar tot jaar. Na een overzicht van de belangrijkste invloedsfactoren volgt de bespreking van de analysere resultaten per plaat. Aan het einde van deze paragraaf wordt een verklaring voor de afwijkende Kokkelverdelingskaart 1994 gegeven. Begrip hiervan is van belang om het effect van mechanische kokkelvisserij op de verdeling van kokkelbiomassa en de betekenis hiervan voor de doorvertaling van kokkelbiomassa als voedsel voor de scholeksters in te kunnen schatten. De informatie uit dit hoofdstuk is tevens benut voor het rapport 'Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde' (Rappoldt et al., 2003).

## MOGELIJKE INVLOEDSFACTOREN

### Strengere winters

In strenge winters kan door lage temperatuur en kruisend ijs verhoogde kokkelmortaliteit optreden. In de negentiger jaren waren 1995/1996 en 1996/1997 strenge winters, ze werden voorafgegaan door een viertal milde winters (1991/1992, 1992/1993, 1993/1994, 1994/1995). Alleen in strenge winters treedt ijsvorming op in de Oosterschelde, met name in ondiepe delen met een lange verblijftijd (zoals het Komgebied). In de strenge winter van 1997 is door vogeltellers in opdracht van het RIKZ de ijsbedekking in de Oosterschelde in kaart gebracht, waarbij langs de oevers in de Zandkreek, Krabbekreek en het Slaak grote ijsvelden voorkwamen. Met name in de Kom werden grote hoeveelheden verspreid drijfijls gemeld (Bijlage 8). In de Monding was nauwelijks drijfijls aanwezig, de Roggenplaat en de Vondelingsplaat waren vrijwel ijsvrij.

### Mechanische kokkelvisserij

Mogelijk verklaart mechanische kokkelvisserij in bepaalde delen van de Oosterschelde het biomassaverloop van jaar tot jaar, afhankelijk van de intensiteit waarmee gevisd is en de mate waarin dit effect zich houdt tot andere invloedsfactoren in hetzelfde gebied.

Mogelijk vormt de intensieve bevissing van het optimale kokkelhabitat in 1994 een verklaring voor de afwijkende Kokkelverdelingskaart 1994, die deels op kokkelgegevens uit 1995 gebaseerd is. De verklaring voor de afwijkende Kokkelverdelingskaart wordt gegeven in paragraaf 5.3.

### Foeragerintensiteit scholeksters

Hoewel scholeksters normaal gesproken met name gedurende strenge winters intensiever moeten foerageren om aan hun dagelijkse voedselbehoefte te komen, is de foerageractiviteit van de in de Oosterschelde aanwezige scholeksters gedurende de gehele jaren '90 hoog geweest, omdat er vrijwel permanent sprake is geweest van een voedseltekort voor de aanwezige scholeksters (de Vlas, 2002). In de rapportage 'Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde' (Rappoldt et al., 2003) zijn berekeningen van de predatiedruk van scholeksters op kokkels door de tijd te vinden.

### Broedval

De kokkelbroedval in de Oosterschelde is tussen 1992 en 2001 goed geweest in de jaren 1993, 1996 en 2001. In 1997 is in de Waddenzee en in de Westerschelde veel broed gevallen, in de Oosterschelde was dit een slecht broedjaar. Ook in 1998 was de broedval slecht te noemen.

## DE VONDELINGSPLAAT

### Verloop kokkelbiomassa op de Vondelingsplaat

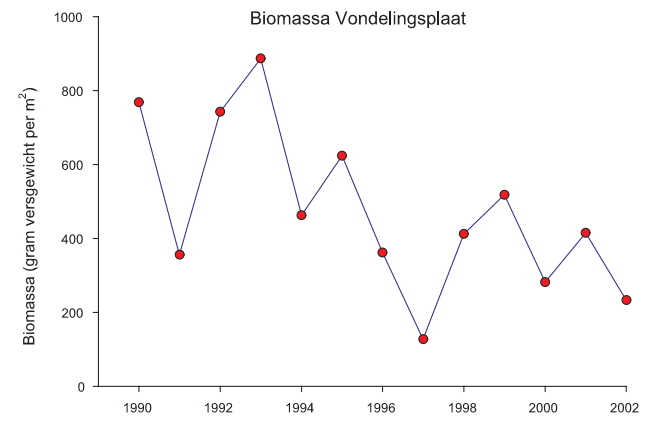
Het verloop van de kokkelbiomassa's per m<sup>2</sup> op de Vondelingsplaat van jaar tot jaar is weergegeven in Figuur 5.10. Over het algemeen vertoont het verloop een grillig patroon, waarbij perioden van toe- en afname van de biomassa per m<sup>2</sup> elkaar vaak afwisselen. Hoewel er in de periode na 1997 een gedeeltelijk herstel te zien is, komt de biomassa per m<sup>2</sup> niet terug op het niveau van de jaren 1992-1994.

### Verklaring van biomassaverandering op de Vondelingsplaat

Op basis van de biomassa in Figuur 5.10 is de biomassa verandering op de Vondelingsplaat van jaar tot jaar berekend. Er is een analyse uitgevoerd met behulp van Generalized Linear Modelling om te bepalen in hoeverre de biomassaverandering op de Vondelingsplaat verklaard kan worden door de visserij-intensiteit, het aantal scholeksters in de periode juli t/m december, de aanwezigheid van een goede kokkelbroedval en de gemiddelde laagste watertemperatuur in de winter (van december t/m maart tussen de beide biomassa opnamen). Bij de analyse zijn met een backwards procedure de niet significant bijdragende termen verwijderd. Gegevensbeschikbaarheid beperkt de analyse tot de jaren 1992 t/m 2001. De analyse laat zien dat de minimum watertemperatuur in de winter tussen de beide biomassaopnamen als enige significante verklarende factor naar voren komt voor de Vondelingsplaat (Tabel 5.2). De variantie in de biomassaverandering wordt voor 54% verklaard door de minimum watertemperatuur ( $p=0,038$ ;  $n=10$ ).

Tabel 5.1 Uitkomst van de GLM analyse voor de Vondelingsplaat. Alleen de minimum watertemperatuur levert een significante bijdrage aan de verklaarde variantie (54%).

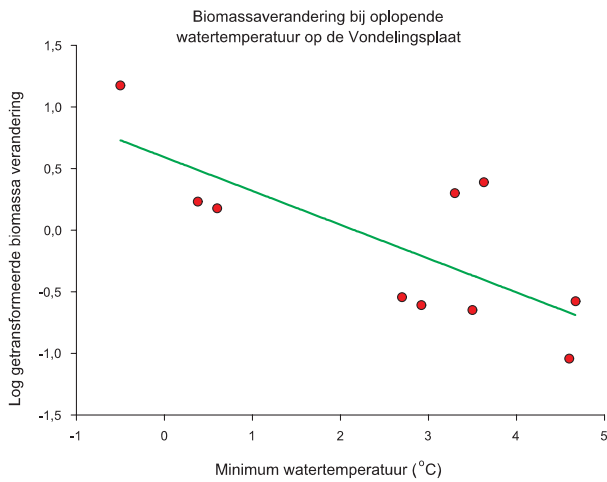
Variabele	Significant
Scholeksteraantal	Nee
Visserij-intensiteit	Nee
Watertemperatuur	Ja
Broedval	Nee



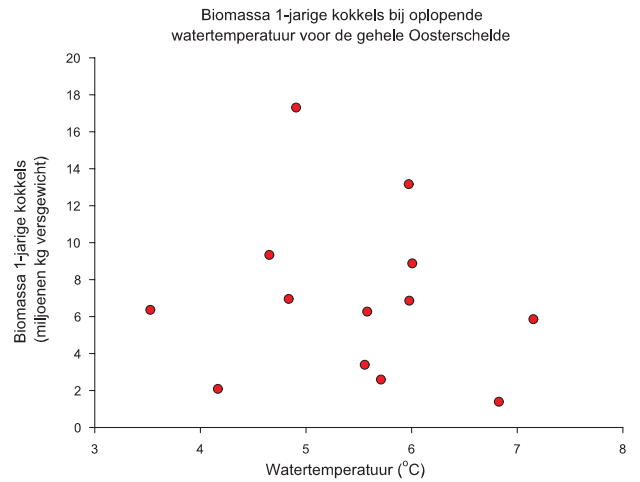
Figuur 5.10 Verloop van de gemiddelde kokkelbiomassa per m<sup>2</sup> (voorjaarsmeting) op de Vondelingsplaat per jaar.

Figuur 5.11 laat de biomassaverandering bij verschillende watertemperaturen op de Vondelingsplaat zien, waaruit blijkt dat bij een lage wintertemperatuur de biomassa van jaar tot jaar toeneemt en bij een hoge wintertemperatuur de biomassa van jaar tot jaar afneemt. Er ontbreekt een eenduidige verklaring voor de gevonden correlatie met watertemperatuur. Mogelijk werkt watertemperatuur als een tracer voor een gecombineerd effect van een aantal invloedsfactoren die niet in de analyse zijn meegenomen zoals habitatverandering, ruimtete competitie met Japanse oesters en een veranderend voedselaanbod. Figuur 5.12 laat zien dat op de schaal van de gehele Oosterschelde geen verband gevonden is tussen watertemperatuur en biomassa van 1-jarige kokkels.

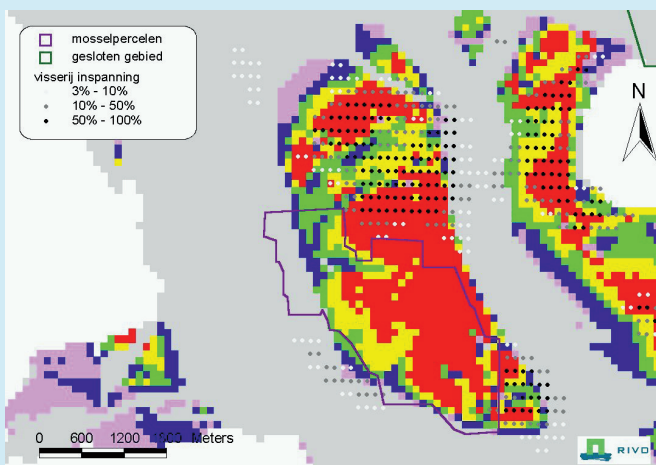
Om eventuele effecten op de ruimtelijke biomassa verdeling inzichtelijk te maken zijn een aantal kaartuitsneden van de Vondelingsplaat gemaakt. Figuren 5.13 en 5.14 laten de Vondelingsplaat zien waarbij voor de onderliggende Habitatkaart 1994 kokkelgegevens uit de jaren 1990 t/m 2001 gebruikt zijn, en voor de Kokkelverdelingskaart 1994 gebruik gemaakt is van de hoogste kokkelbiomassa's uit de jaren 1993+1994+1995 (Hoofdstuk 3). De Kokkelverdelingskaart is ten opzichte van de Kokkelhabitatkaart veel gevoeliger voor beïnvloeding door visserij, broedval, strenge winters en intensief foerageergedrag door scholeksters doordat de Verdelingskaart op de maximale biomassa's gebaseerd is en de Habitatkaart op de gemiddelde biomassa. Bovendien worden bij de Habitatkaart invloeden over een groot aantal jaren uitgemiddeld, terwijl dit bij de Verdelingskaart in veel mindere mate het geval is.



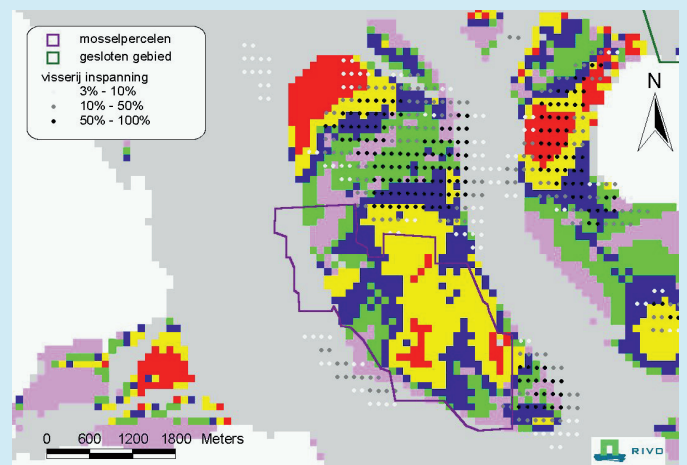
Figuur 5.11 Log getransformeerde biomassa verandering bij toenemende minimum watertemperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ ) op de Vondelingsplaat ( $r^2=0,540$ ,  $p=0,038$ ).



Figuur 5.12 Biomassa van 1-jarige kokkels in de gehele Oosterschelde bij verschillende watertemperaturen ( $^{\circ}\text{C}$ ) in het jaar van broedval ( $r^2=0,016$ ,  $p=0,680$ ).



Figuur 5.13 Uitsnede van de Vondelingsplaat uit de Kokkel-habitatkaart 1994 (voor legenda zie Kaart 3.3) met: blackbox data 1994, gesloten gebied & mosselparcels. Habitat geschiktheid aflopend van rood (optimaal) naar paars (vrijwel ongeschikt).



Figuur 5.14 Uitsnede van de Vondelingsplaat uit de Kokkelverdelingskaart 1994 (voor legenda zie Kaart 3.4) met: blackbox data 1994, gesloten gebied & mosselparcels. Verdeling aflopend van rood (hoogste biomassa's) naar paars (laagste biomassa's).

Op de Vondelingsplaat zijn in de jaren 1992, 1993 en 1994 geen gebieden gesloten voor visserij. Wel bevond zich een groot aaneengesloten gebied met mosselparcels op het zuidelijke deel van deze plaat. De Kokkel-habitatkaart (Figuur 5.13) laat zien dat in het najaar van 1994, op het grote mosselparceel na, het optimale kokkel-habitat op de gehele plaat bevestigd is. Ook het relatief kleine zuidelijke puntje van deze plaat, waar net geen mosselparcels meer lagen, is intensief bevestigd. Er is beduidend minder intensief gevestigd op het minder geschikte kokkelhabitat

aan de zuidwestelijke rand van de plaat. De Verdelingskaart (Figuur 5.14) laat zien dat de hoogste kokkelbiomassa's (rood) over het algemeen buiten het in 1994 bevestigde gebied gevonden worden. Ook is te zien dat de gebieden waar nauwelijks hoge biomassa's voorspeld worden in 1994 het intensiefst bevestigd zijn. Dit betekent dus, dat in de gebieden waar het intensiefst gevestigd is een beduidend lagere biomassa overblijft dan in het minder intensief bevestigde gebied, hetgeen terug te zien is in de Kokkelverdelingskaart.

## DE ROGGENPLAAT

### Verloop kokkelbiomassa op de Roggenplaat

Het verloop van de kokkelbiomassa's per m<sup>2</sup> op de Roggenplaat van jaar tot jaar is weergegeven in Figuur 5.15. Het meest opvallende aan deze figuur is de flinke toename van de kokkelbiomassa's in de periode 1997 t/m 2000, toen de gehele Oosterschelde gesloten was voor visserij, en de sterke afname in 2002 die voorafgegaan werd door de bevissing in het najaar van 2001 (zie ook Figuren 5.1 & 5.22).

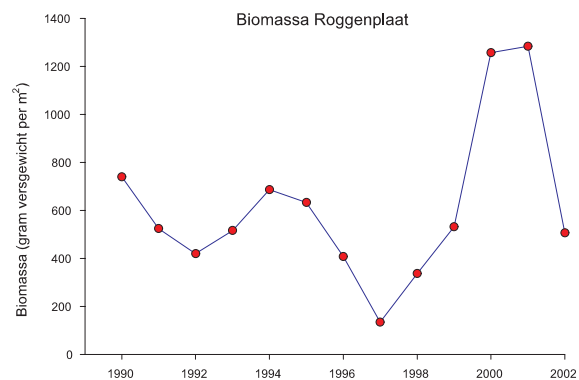
### Verklaring van biomassaverandering op de Roggenplaat.

Om te bepalen in hoeverre de biomassaverandering op de Roggenplaat verklaard kan worden door de visserij intensiteit, het aantal scholeksters in de periode juli t/m december, de aan- of afwezigheid van een goede kokkelbroedval en de gemiddelde laagste watertemperatuur in de winter (van december t/m maart) is een soortgelijke analyse uitgevoerd als voor de Vondelingsplaat. In het geval van de Roggenplaat is de visserij-intensiteit echter de enige variabele die significant bijdraagt aan het verklaren van de variatie in biomassaverandering (Tabel 5.2). De variantie in de biomassaverandering op de Roggenplaat wordt voor 61,5% verklaard door de visserij-intensiteit ( $p=0,0073$ ;  $n=10$ ).

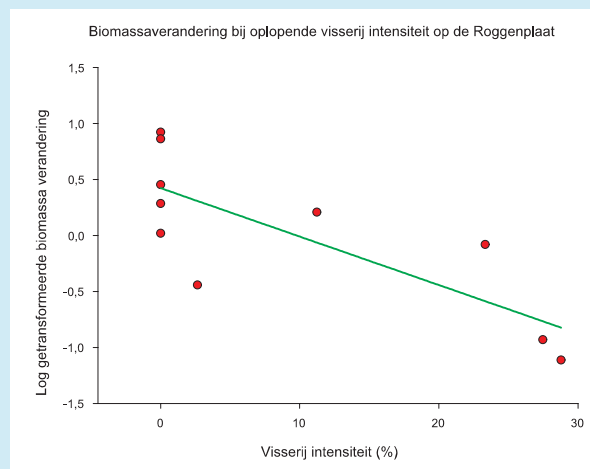
Tabel 5.2 Uitkomst van de GLM analyse voor de Roggenplaat. Alleen visserij levert een significante bijdrage aan de verklaarde variantie (61,5%).

Variabele	Significant
Scholeksteraantal	Nee
Visserij-intensiteit	Ja
Watertemperatuur	Nee
Broedval	Nee

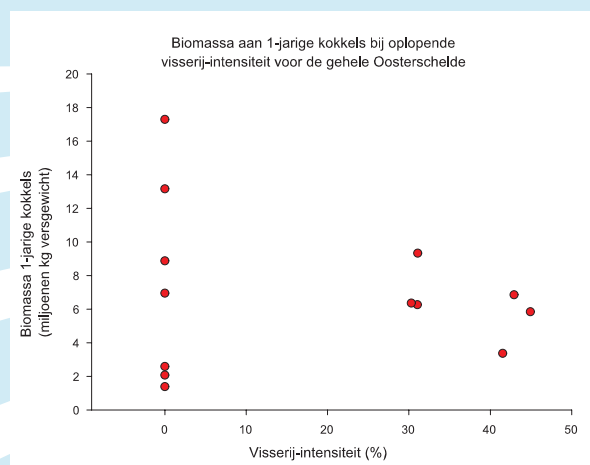
In Figuur 5.16 is de biomassaverandering tussen het voorjaar van jaar x en voorjaar van jaar x+1 uitgezet tegen de visserij intensiteit in het najaar van jaar x. In alle jaren waarin niet gevist is (intensiteit = 0%) wordt in het daaropvolgende jaar een gelijke of hogere kokkel-



Figuur 5.15 Verloop van de gemiddelde kokkelbiomassa per m<sup>2</sup> (voorjaarsmeting) op de Roggenplaat per jaar.

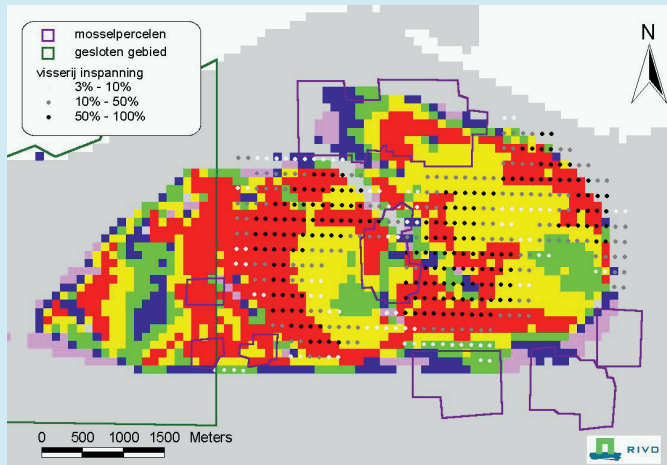


Figuur 5.16 Log getransformeerde biomassaverandering bij toenemende visserij-intensiteit (%) op de Roggenplaat ( $r^2=0,615$ ,  $p=0,0073$ ).



Figuur 5.17 Biomassa van 1-jarige kokkels in de gehele Oosterschelde bij oplopende visserij-intensiteit in het jaar voorafgaande aan de broedval ( $r^2=0,025$ ,  $p=0,608$ ).



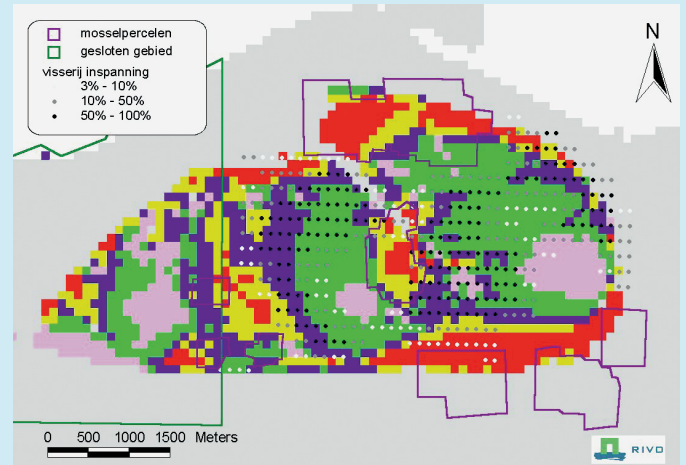


Figuur 5.18 Uitsnede van de Roggenplaat uit de Kokkelhabitatkaart 1994 (voor legenda zie Kaart 3.3) met: blackbox data 1994, gesloten gebied en mosselparcels. Habitatgeschiktheid aflopend van rood (optimaal) naar paars (vrijwel ongeschikt).

biomassa aangetroffen; hoe intensiever er gevist is in jaar  $x$  hoe lager de kokkelbiomassa in jaar  $x+1$  uitpakt. Deels is dit een vanzelfsprekend gevolg van het feit dat een visserij-intensiteit van 0 vooral gevonden wordt bij sluiting van de Oosterschelde voor visserij als de kokkelbestanden te laag zijn. In zo'n geval is kans op een hoger kokkelbestand in het daaropvolgende jaar vanzelf vrij groot. Toch laat Figuur 5.16 zien dat er kennelijk geen andere beperkende factoren voor herstel van het kokkelbestand op de Roggenplaat aanwezig zijn.

Figuur 5.17 laat de relatie tussen visserij-intensiteit en de biomassa van 1-jarige kokkels zien voor de gehele Oosterschelde. Op deze schaal wordt geen significant verband gevonden tussen visserij-intensiteit en de biomassa van 1-jarige kokkels (Figuur 5.18). Op de schaal van de Roggenplaat is mechanische kokkelvisserij echter wel de meest bepalende factor voor het verloop van biomassa van jaar tot jaar (Figuur 5.16).

Om eventuele effecten op de ruimtelijke biomassaverdeling inzichtelijk te maken zijn evenals voor de Vondelingsplaat een aantal kaartuitsneden van de Roggenplaat gemaakt. Figuur 5.18 laat de uitsnede van de Roggenplaat zien waarbij voor de onderliggende Habitatkaart 1994 kokkelgegevens uit de jaren 1990 t/m 2001 gebruikt zijn. Deze gegevens zijn weliswaar door



Figuur 5.19 Uitsnede van de Roggenplaat uit de Kokkelverdelingskaart 1994 (voor legenda zie Kaart 3.4) met: blackbox data 1994, gesloten gebied en mosselparcels. Verdeling aflopend van rood (hoogste kokkelbiomassa's) naar paars (laagste kokkelbiomassa's).

bevissing beïnvloed, maar omdat per punt de gemiddelde kokkelbiomassa's over deze 11 jaren bepaald is, wordt dit effect uitgemiddeld met de jaren waarin niet gevist is en er een natuurlijk(er) verdeling van kokkelbiomassa over de plaat was. Ook broedval, scholeksterpredatie en strenge winters worden door deze benadering uitgemiddeld, hoewel deze factoren geen significant effect hebben op biomassaverandering op de Roggenplaat.

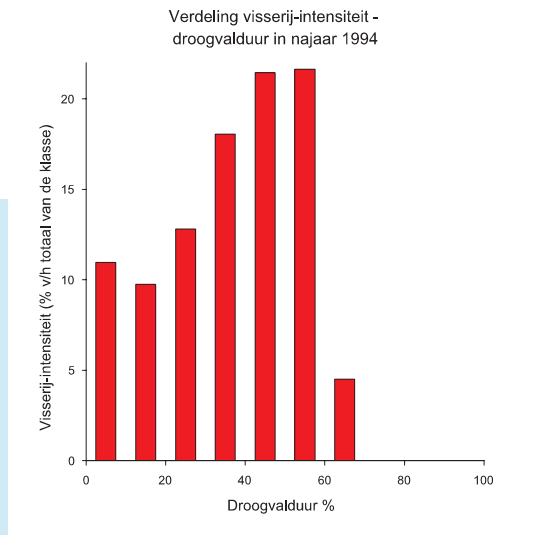
Op de uitsnede is te zien dat de mosselparcels in principe onbevist zijn (op een klein stukje van het middelste perceel na). De reden voor het niet bevissen van het optimale kokkelhabitat aan de noordrand van de plaat blijkt eveneens de aanwezigheid van een mosselperceel te zijn. In het overgebleven gebied wordt over het algemeen het intensiefst (zwart) gevist op het optimale kokkelhabitat (rood) en iets minder intensief (grijs) op het suboptimale kokkelhabitat (geel, groen). Bepaalde delen zijn niet bevist omdat dit de hoogstgelegen plekken van de Roggenplaat zijn (veelal suboptimaal geel gebied). Door de diepgang van kokkelschepen kan hier niet mechanisch gevist worden (wel handmatig). In de figuur is afstand gehouden tot de (groene) grens van het gesloten gebied, maar door de onnauwkeurigheid van de beschikbare informatie over deze begrenzing, kan het ook zijn dat deze grens in Figuren 5.18 en 5.19 te westelijk ligt.

Voor Figuur 5.19 is de Kokkelverdelingskaart 1994 gebruikt (Kaart 3.4). Dit is de afwijkende kaart uit Hoofdstuk 3, die gebaseerd is op de hoogste kokkelbiomassa's uit de jaren 1993+1994+1995. Van deze jaren is 1995 beïnvloed door de intensieve visserij van 1994 en 1993 door de visserij van 1992. In 1993 was de Roggenplaat geheel gesloten voor visserij (Figuur 5.3). De Verdelingskaart geeft een lage geschiktheid voor hoge kokkelbiomassa's (blauw) op plaatsen waar het intensiefst gevestigd is (zwart) en een iets hogere geschiktheid (groen) bij een lagere bevissingsintensiteit (grijs). Dit betekent dus, dat in de gebieden waar het intensiefst gevestigd is een beduidend lagere biomassa overblijft dan in het minder intensief bevestigde gebied, hetgeen terug te zien is in de Kokkelverdelingskaart. Verreweg de hoogste kokkelbiomassa's worden aangegeven op de locaties waar niet gevestigd is en zich in litorale mosselpercelen bevonden (aan de noordelijke en zuidelijke rand en langs de kreek die afstromen naar de noordzijde van de Roggeplaat, paars omlijnd). Wat betreft de afstand tot het gesloten gebied is de situatie gelijk aan Figuur 5.18.

Doordat voor de Kokkelverdelingskaart 1994 gebruik gemaakt is van de hoogste kokkelbiomassa's uit de jaren 1993+1994+1995 is deze kaart ten opzichte van de Kokkelhabitatkaart 1994 (gemiddelde 1990 t/m 2001) veel gevoeliger voor beïnvloeding door visserij, broedval, strenge winters en intensief foerageergedrag door scholteksters. De hoge intensiteit waarmee gevestigd is op de optimale habitat (Figuur 5.9) en de scherpe begrenzing die de Verdelingskaart aangeeft tussen enerzijds lage kokkelbiomassa's op intensief bevestigd gebied en hoge biomassa's op niet bevestigd gebied (Figuur 5.19), lijkt mechanische kokkelvisserij een plausibele verklaring voor de afwijkende verdeling van de hoogste kokkelbiomassa's in de periode rond 1994. Ter bevestiging hiervan is in de volgende paragraaf gekeken naar de relatie tussen droogvalduur, kokkelbiomassa en visserij.

### 5.3 RELATIE VISSERIJ-INTENSITEIT - DROOGVALDUUR, VERKLARING VOOR AFWIJKING VERDELINGSKAART 1994

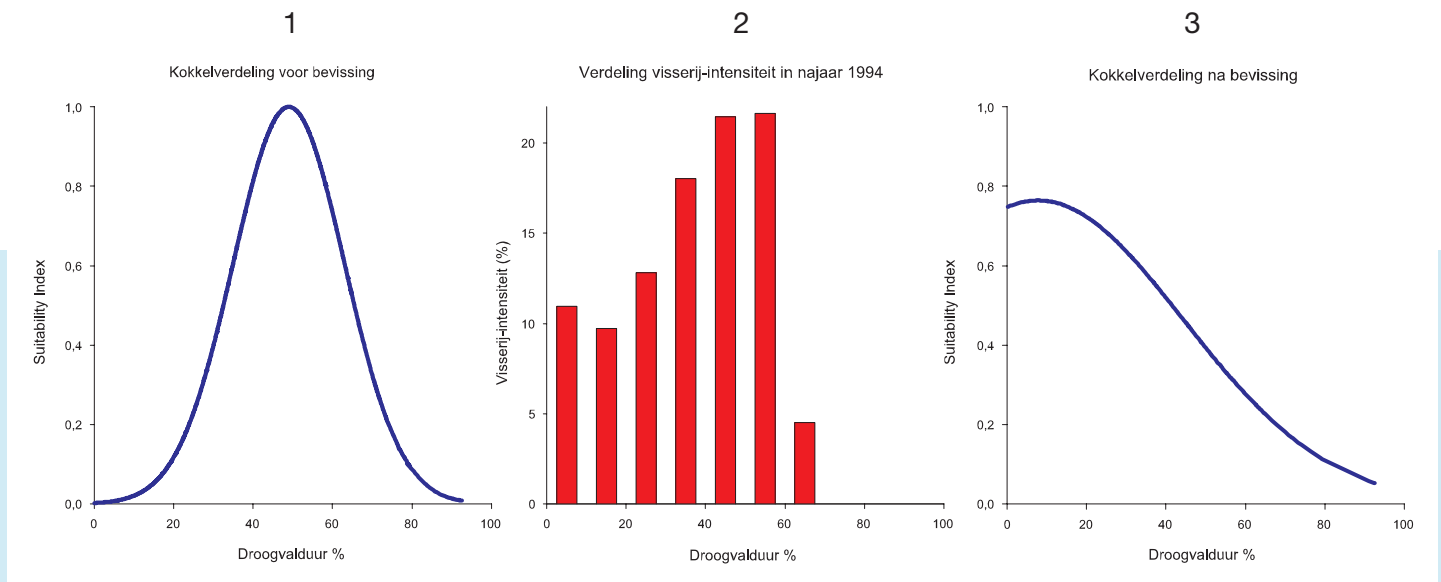
In deze paragraaf wordt gekeken of de afwijkende kokkelverdelingskaart 1994 verklaard kan worden door de intensieve bevissing van het optimale kokkelhabitat in het najaar van 1994. Dit zou zo kunnen zijn omdat de door deze visserij beïnvloede kokkelgegevens uit mei



Figuur 5.20 De verdeling van de visserij-intensiteit in het najaar van 1994 als percentage over de verschillende droogvalduurklassen, waarbij gecorrigeerd is voor de oppervlakte die de afzonderlijke droogvalduurklassen innemen in de Oosterschelde.

1995 samen met de gegevens uit 1993 en 1994 ten grondslag liggen aan de Kokkelverdelingskaart 1994. Aangezien de Habitatkaarten een beeld geven van de geschiktheid van gebieden voor kokkels over een periode van vele jaren en de Verdelingskaarten een beeld geven van de verdeling van de hoogste kokkelbiomassa's in één of enkele jaren, kan bij vergelijking van de visserij-intensiteit op deze twee kaarten een potentieel visserij-effect naar voren komen. In Hoofdstuk 3 is geconstateerd dat kokkels in de periode rond 1994 bij een lagere droogvalduur voorkwamen (10%) dan in 1985 en 2001 (40-50%) en dat het verschil in de verdeling van kokkelbiomassa over de verschillende droogvalduurklassen tot de afwijkende Verdelingskaart 1994 heeft geleid (Figuur 3.6). Door de blackboxgegevens te koppelen aan de droogvalduur van het bevestigde oppervlak kan de verdeling van de visserij-intensiteit in het najaar van 1994 over de verschillende droogvalduurklassen bepaald worden (Figuur 5.20).

Figuur 5.20 laat zien dat in het najaar van 1994 het gebied met een droogvalduur tussen de 30-60% met de hoogste intensiteit bevestigd is (rode staven). Hierbij is gecorrigeerd voor de oppervlakte van de afzonderlijke droogvalduurklassen in de Oosterschelde. Combinatie van Figuur 5.20 met de responscurven van kokkels voor droogvalduur uit Figuur 3.6 (Hoofdstuk 3) geeft Figuur 5.21. De afgebeelde responscurve voor de 'situatie voor bevissing' (1) is gebaseerd op de hoogste kokkelbiomassa's in (mei) 1985, waarbij in het voorgaande jaar (1984) welliswaar ook gevestigd is, maar in verhouding tot het totaalbestand in dat jaar aanzienlijk minder dan in



*Figuur 5.21 Effect van kokkelvisserij op de verdeling van de hoogste kokkelbiomassa's in de Oosterschelde: 1 = de verdeling van de hoogste kokkelbiomassa's vóór intensieve bevissing (responscurve HSIM methode kokkels - droogvalduur gebaseerd op de kokkelgegevens van mei 1985, Figuur 3.6), 2 = verdeling van de visserij-intensiteit over de verschillende droogvalduurklassen in het najaar van 1994 (Figuur 5.20), 3 = de verdeling van de hoogste kokkelbiomassa's na intensieve bevissing (responscurve HSIM methode kokkels - droogvalduur gebaseerd op de mei gegevens van 1993+1994+1995, Figuur 3.6).*

1994 (Figuur 5.1). De curve voor de situatie na bevissing (3) is gebaseerd op de hoogste kokkelbiomassa's van 1993+1994+1995 (eveneens gebaseerd op Figuur 3.6). De intensieve bevissing in het najaar van 1994 is hierbij terug te zien in de survey gegevens van 1995 als een gewijzigde verdeling van de hoogste kokkelbiomassa's. De responscurve voor de situatie rond 1994 lijkt in vergelijking met de responscurven voor de situaties in 1985 en 2001 (Figuur 3.6) sterk beïnvloed te zijn door de intensieve bevissing van 1994. De bevissing in 1992 zal in mindere mate bijgedragen hebben aan het beeld omdat de totale aanlanding van kokkels in dat jaar verhoudingsgewijs veel kleiner was dan in 1994 (Figuur 5.1). De klassen met de hoogste bevissingsintensiteit komen overeen met het optimum van de responscurve in 1985 en 2001 wat betekent dat de kokkelvisserij zich geconcentreerd heeft in de droogvalduurklasse waar zich geruime tijd voor bevissing het optimum voor kokkels bevond. De afwijkende Kokkelverdelingskaart wordt niet veroorzaakt door één of meerdere strenge winters, 1995/1996 en 1996/1997 waren strenge winters, 1992/1993, 1993/1994 en 1994/1995 waren zacht. De oorzaak licht ook niet in een slechte aanwas van kokkels, 1993 was een jaar met een goede kokkelbroedval, 1992 was gemiddeld.

Bij een intensieve bevissing zoals in 1994 lijkt mechanische kokkelvisserij aldus een sterke invloed uit te kunnen oefenen op de verdeling van de hoogste kokkelbiomassa's in (in ieder geval) het daaropvolgende jaar. De hoge kokkelbiomassa's die zich voornamelijk op de

hogere gelegen delen van het getijdengebied (met een langere droogvalduur) bevinden, worden in het najaar het intensiefst bevestigd, waardoor daar de hoogste biomassa's daar verlaagd worden en de (dan nog) hoogste biomassa's in het volgende jaar aangetroffen worden in gebieden met een lagere droogvalduur (en dus lager in het intergetijdengebied). Als in een post-visserij situatie de relatief hoogste kokkelbiomassa's op lagere delen gevonden worden, betekent dit overigens nog niet dat de hoogte van deze biomassa's in absolute zin vergelijkbaar zijn met de hoogste biomassa's die zich in een onbevestigde situatie op de hogere delen van platen en slikken bevinden.

Consequentie van de gewijzigde distributie van de hoogste kokkelbiomassa na een intensieve bevissing zoals in 1994 is, dat er door scholeksters minder lang gefoerageerd kan worden op kokkels die zich na bevissing nog in de zône met een korte droogvalduur bevinden. Het voorgaande in beschouwing nemend is een effect op de scholeksterpopulatie in de Oosterschelde in relatief kokkelarme jaren waarschijnlijk, door de gerichte manier waarop de kokkelvisserij van jaar tot jaar de hogere gelegen delen met het optimale kokkelhabitat bevestigd (Figuur 5.8) en de manier waarop dit na bevissing resulteert in een gewijzigde verdeling van de kokkelbiomassa's (Figuur 5.21). De omvang van dit effect is mede afhankelijk van de verhouding tussen hoeveelheid opgeviste kokkels en het totaalbestand, de visserij-intensiteit op een bepaalde locatie en de mate waarin de droogvalduur van de nog aanwezige kokkels door visserij wordt

verkort. Bovendien mag in echt kokkelarme jaren niet gevist worden. Additionele problemen zijn te verwachten als een jaar met een intensieve bevissing (zoals 1994) gevolgd wordt door twee strenge winters (zoals 1995/1996 & 1996/1997) in verband met een verhoogde voedselbehoefte van de scholeksters, een influx van scholeksters uit het Waddengebied en een hogere kokkelmortaliteit door lage temperaturen en kruiend ijs. De mate waarin deze factoren tot een verhoging van de zogenaamde stress-index van scholeksters leidt, wordt behandeld in 'Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde' (Rappoldt et al., 2003).

Ondanks het directe effect van kokkelvisserij op de ruimtelijke verdeling van de hoogste kokkelbiomassa's in de periode rond 1994 lijkt de gewijzigde verdeling niet blijvend te zijn. Na een periode van vier jaar waarin de Oosterschelde gesloten was voor kokkelvisserij ziet de verdeling van kokkelbiomassa's er rond 2000 weer in grote lijnen zo uit als in de periode rond 1985 (Figuur 3.6, Kaarten 3.2 & 3.6). Er is echter niet vastgesteld in hoeverre de leeftijdsverdeling in de kokkelpopulatie weer vergelijkbaar is met de situatie in 1985. Het totale kokkelbestand is in absolute zin echter wel steeds kleiner geworden, niet in alle delen van de Oosterschelde zijn de kokkelbiomassa's weer op het oude niveau teruggekomen. De habitatgeschiktheid lijkt bepalend te zijn voor de snelheid van herstel van het kokkelbestand. Mogelijk is het verschil in de ontwikkeling van habitatgeschiktheid op Roggenplaat en Vondelingsplaat verklarend voor het gevonden verschil tussen Figuren 5.10 en 5.15, maar factoren als voedselsituatie, concurrentie om ruimte en voedsel met de Japanse oester spelen hierbij waarschijnlijk ook een belangrijke rol. In Hoofdstuk 8 worden deze ontwikkelingen per deelgebied geïntegreerd.

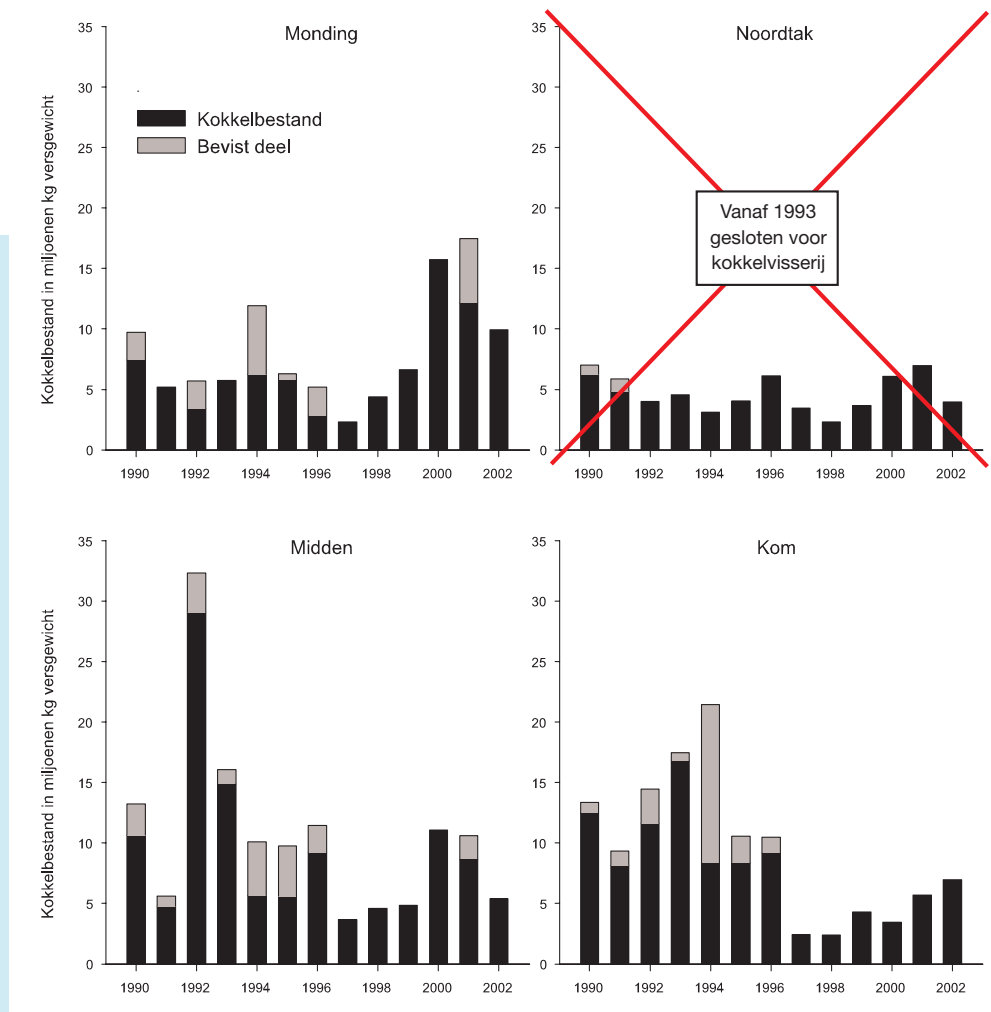
#### 5.4 OPEN EN GESLOTEN GEBIEDEN VOOR MECHANISCHE KOKKELVISSERIJ IN DE OOSTERSCHELDE

Naast de instelling van een voedselreservering voor de gehele Oosterschelde (Hoofdstuk 1), waarbij de Oosterschelde voor visserij gesloten wordt in jaren waarin het kokkelbestand te laag is, zijn er in 1993 in de Structuurnota Zee- en Kustvisserij permanent gesloten gebieden aangewezen voor de kokkelvisserij; de Noordtak en de westpunt van de Roggenplaat. Doel

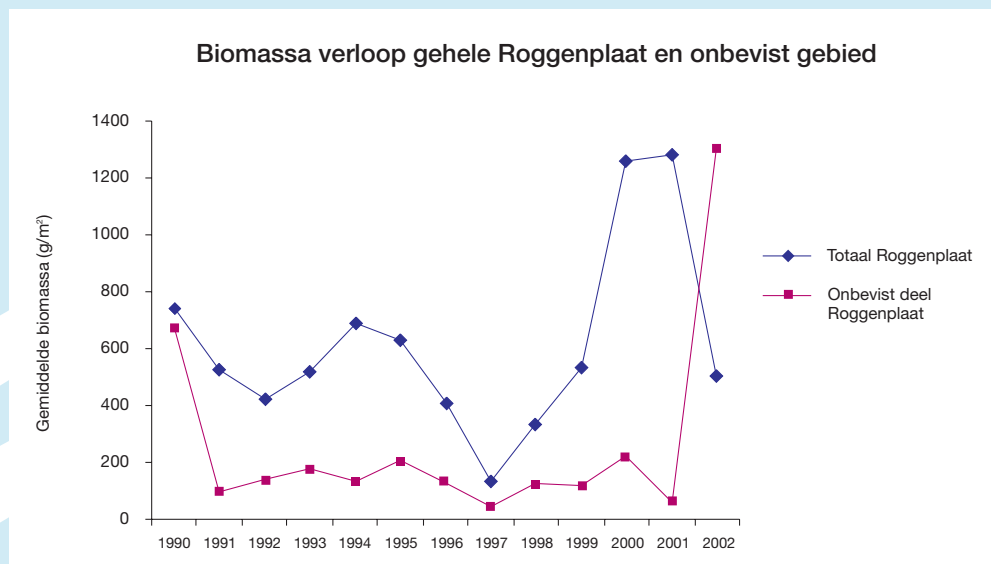
van deze sluiting was om een aantal onverstoorde gebieden in de Oosterschelde te creëren, waar lokaal herstel van een aantal biotopen op zou kunnen treden. In paragraaf 5.1 wordt getoond dat in 1992 niet in de Noordtak gevist werd en dat juist dit gebied vanaf 1993 werd gesloten voor de kokkelvisserij. Dit roept de vraag op in hoeverre de gesloten gebieden in termen van kokkelhabitat en het verloop van het kokkelbestand vergelijkbaar zijn geweest met de gebieden die open zijn gebleven voor mechanische kokkelvisserij. Met de nu beschikbare gegevens over het verloop van de kokkelbiomassa's per gesloten gebied, de Kokkelhabitatkaarten en de individuele kokkelgewichten per deelgebied, kan de sluiting van gebieden in 1993 verder geëvalueerd worden.

Het niet bevissen van de Noordtak in 1992 is ten dele begrijpelijk omdat uit de Kokkelhabitatkaarten naar voren is gekomen dat er na de voltooiing van de Deltawerken een verschuiving heeft plaatsgevonden van het optimale kokkelhabitat uit de Noordtak en de Kom naar het Middengebied (Hoofdstuk 3). De Noordtak vertoont begin jaren '90 een structureel lager kokkelbestand in vergelijking met de overige deelgebieden, waarbij vooral de hoge uitschieters uitblijven (Figuur 5.22). Ondanks dat de Noordtak qua totale oppervlakte het kleinste deelgebied van de Oosterschelde is, is het areaal bevisbaar intergetijdengebied niet veel kleiner dan bijvoorbeeld de Roggenplaat. Met de sluiting van de Noordtak is dus het deelgebied met het minder geschikte kokkelhabitat en het structureel laagste kokkelbestand gesloten voor visserij, terwijl in de gebieden met een optimaal kokkelhabitat en hogere kokkelbestanden door mocht worden gevist.

Er wordt geen significant verschil gevonden tussen het totaalbestand en de individuele kokkelgewichten in open en gesloten gebied in de Oosterschelde. In Hoofdstuk 7 van dit rapport worden de individuele kokkelgewichten en het kokkelbestand per deelgebied per jaar gepresenteerd. Hieruit komt naar voren dat de Noordtak naast het laagste totaalbestand ook de laagste individuele kokkelgewichten heeft. Op het niveau van de gehele Oosterschelde wordt dit niet gevonden omdat dan de verschillen tussen open en gesloten gebieden die verspreid over de Oosterschelde gesitueerd zijn uitgemiddeld worden. De deelgebiedsbenadering levert hier een meerwaarde op.



Figuur 5.22 Verloop van het kokkelbestand in september per deelgebied met het beviste deel (septembergetallen zijn berekend met de tussenstand methode, EVA II deelproject H2).



Figuur 5.23 Verloop van de gemiddelde kokkelbiomassa's (g/m² versgewicht) op de gehele Roggenplaat en in het voor kokkelvisserij gesloten gebied per jaar.



Het gebied dat op de Westelijke Roggenplaat sinds 1993 gesloten is voor visserij lijkt in tegenstelling tot de Noordtak, op basis van de Habitatkaart 1994 minstens voor een deel uit optimaal kokkelhabitat te bestaan. Als echter de kokkelmassa per m<sup>2</sup> voor het gesloten deel van de Roggenplaat per jaar uit het bestand berekend wordt, en uitgezet wordt tegen de gemiddelde biomassa per m<sup>2</sup> voor de gehele Roggenplaat (open+gesloten gebied) dan ontstaat een ander beeld (Figuur 5.23).

Figuur 5.23 laat zien dat het gesloten gebied op de Roggenplaat (op 2002 na) gedurende de jaren '90 aanzienlijk lagere kokkelbiomassa's bevatte dan gemiddeld over de gehele Roggenplaat. Mogelijk hangt dit verschil samen met de ligging van de westpunt van de Roggenplaat vlak bij de Stormvloedkering. De hoge sedimentdynamiek ten gevolge van de hoge stroomsnelheden, turbulentie en golfslag maakt het kokkelarven onmogelijk zich te vestigen. In de stroomsnelheidsberekeningen die gebruikt zijn voor het modelleren van het kokkelhabitat in 1994, 2001 en 2010 is een lokale verhoging van de stroomsnelheden door de Stormvloedkering niet meegenomen. Hoewel het gesloten gebied op de Roggenplaat in termen van kokkelhabitat geschikt lijkt te zijn, heeft dit gebied gedurende de jaren '90 een structureel lager kokkelbestand bevat dan gemiddeld over de rest van de Roggenplaat. Dit laat zien dat de Kokkelhabitatkaart niet altijd een weergave van de werkelijke situatie is, de kokkelbiomassa op de westpunt van de Roggenplaat wordt door een of meerdere factor(en) bepaald die niet in de Habitatkaart gedomineerd is/zijn.

## 5.5 CONCLUSIES

- Mechanische kokkelvisserij richt zich in de Oosterschelde op optimaal kokkelhabitat, hetgeen de voorspellingen die met het kokkelhabitatmodel gemaakt zijn bevestigd. De ruimtelijke verdeling van visserij-intensiteit op de Roggenplaat en de Vondelingsplaat in 1994 kan met de begrenzing van open/gesloten gebied, de Kokkelhabitatkaart 1994 en de ligging van de voormalige litorale mosselpercelen goed verklaard worden.
- Op de Roggenplaat heeft visserij-intensiteit in een jaar een significante verklarende rol voor de biomassa-verandering per m<sup>2</sup> tussen het jaar voor en een jaar na visserij. Broedval, scholekster aantallen en de minimum watertemperatuur spelen op de Roggenplaat geen significant aantoonbare rol. Op de Vondelingsplaat is de minimum watertemperatuur de factor die de biomassaverandering van jaar tot jaar verklaart. Dit wordt mogelijk veroorzaakt doordat de watertemperatuur als een tracer werkt voor een gecombineerd effect van een aantal invloedsfactoren die niet in de analyse zijn meegenomen.
- Op het schaalniveau van de Roggenplaat kon een significant effect van mechanische kokkelvisserij op de biomassaverandering worden vastgesteld. In hoeverre dit voor de gehele Oosterschelde het geval is, is in deze studie niet vastgesteld. Mogelijk is schaalniveau van belang bij dit type analyses.
- Er wordt in de Oosterschelde het intensiefst gevisst bij een droogvalduur van 30 tot 60% van de totale tijd, dit zijn de hoger gelegen delen van platen en slikken. In het najaar van 1994 heeft de intensieve bevissing de hoogste kokkelbiomassa's bij een droogvalduur van 30-60% verlaagd, en werden in de post-visserij situatie overwegend nog kokkels bij een lagere droogvalduur aangetroffen. Mechanische kokkelvisserij heeft hierdoor hoogstwaarschijnlijk de afwijkende Kokkelverdelingskaart 1994 veroorzaakt, strenge winters en het uitblijven van een goede kokkelbroedval kunnen als mogelijke verklaringen worden uitgesloten. Doordat de opgeviste hoeveelheid kokkels in verhouding tot het totaalbestand in 1994 groot was, en scholeksters na bevissing minder tijd hebben om de laaggelegen kokkels te oogsten, zal de intensieve bevissing van 1994 waarschijnlijk een duidelijk effect op de scholeksterpopulatie hebben gehad (zie ook 'Scholexsters en hun voedsel in de Oosterschelde', Rappoldt et al., 2003).
- De in het kader van de Structuurnota Kust- en Zeevisserij ingestelde gesloten gebieden voor kokkelvisserij in de Oosterschelde bevatten gedurende de jaren '90 beduidend lagere kokkelbiomassa's dan de voor visserij geopende gebieden.

## 5.6 DISCUSSIE

Het sluiten van steeds wisselende deelgebieden in de periode 1990 -1996 heeft ertoe geleid dat er geen gebieden zijn die vanaf het begin van de visserijactiviteiten onberoerd zijn gelaten. Hierdoor ontbreekt een referentiegebied waarmee een vergelijking tussen bevestigd en onbevestigd gebied gemaakt zou kunnen worden. Uitzondering is de Noordtak, maar dit gebied is in de jaren negentig gekenmerkt door relatief lage kokkelbiomassa en een minder geschikt habitat.

Het herstel van het kokkelbestand in het Mondingsgebied in de vier jaar dat er niet op kokkels gevestigd mocht worden (1997-2000) was het beste van de gehele Oosterschelde. Dit hangt waarschijnlijk samen met het zeer geschikte kokkelhabitat op de Roggenplaat. Hieruit kan echter nog niet geconcludeerd worden dat visserij geen lange termijn effect heeft op het kokkelbestand in gebieden met een optimaal kokkelhabitat, aangezien niet aangetoond is dat de leeftijdsopbouw van de kokkelpopulatie ook weer vergelijkbaar is met de situatie voor bevestiging.

Doordat alleen naar de kokkel is gekeken kan voor de Oosterschelde uiteraard ook geen uitspraak gedaan worden over de impact van mechanische kokkelvisserij op andere bodemdiersoorten. Er is geen onderzoek verricht naar de eventuele versterkende effecten van bodemberoerende visserij op snelheid waarmee de platen en slikken van de Oosterschelde eroderen, of de mate waarin ontslibbing van het intergetijdengebied versneld wordt. Hiervoor wordt verwezen naar het EVA II rapport 'Bodemgesteldheid en mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee', (Zwarts et al., 2003).

De relaties die gevonden zijn tussen visserij-intensiteit en het biomassaverloop op de Roggenplaat en de minimum watertemperatuur en het biomassa verloop op de Vondelingsplaat duiden tenslotte niet per definitie op causaliteit. Gezien de geringe rol die habitatverslechtering en ruimteconcurrentie met Japanse oesters op de Roggenplaat spelen, lijkt het gevonden verband tussen visserij-intensiteit en het biomassaverloop voor de Roggenplaat het meest aannemelijk.



## 6. ONTWIKKELING VOEDSELSITUATIE VOOR FILTREERDERS IN DE OOSTERSCHELDE

### INLEIDING

De draagkracht van een estuarium voor schelpdieren wordt naast de aanwezigheid van voldoende geschikt habitat in grote mate bepaald door de beschikbare hoeveelheid voedsel. Een van de hypothesen uit het Lange Termijn Onderzoeksprogramma is dat de afgenomen zoetwatertoevoer naar de Oosterschelde vanuit het Krammer-Volkerak na aanleg van de compartimenteringsdammen geresulteerd heeft in een afgenomen primaire productie. Doordat met de zoetwaterbelasting ook de aanvoer van nutriënten gedaald is, werd hierbij gedacht aan mogelijke nutriëntenlimitatie van het fytoplankton. Een afname in primaire productie betekent een beperkter voedselaanbod voor 'filterfeeders' als kokkel, mossel en oester en zou dus mede bepalend kunnen zijn voor de afname van de hoeveelheid kokkels in de Oosterschelde.

In het RIKZ project 'Productiviteit en Plaagalg' (PenP) is in samenwerking met het NIOO-CEME specifiek gewerkt aan de ontwikkelingen in de fytoplankton samenstelling en productiviteit van de Oosterschelde in relatie met de verminderde nutriëntenbelasting. De resultaten uit dit project zijn ook goed bruikbaar voor EVA II. Deze studie is gerapporteerd in 'Verkenning draagkracht Oosterschelde, onderzoek naar veranderingen en trends in de Oosterschelde in de periode 1990-2000', 2003, Wetsteyn et al., RIKZ/2003.049.

### 6.1 AFGENOMEN ZOETWATERTOEOVER EN NUTRIËNTENBELASTING OOSTERSCHELDE

#### Afgenomen zoetwatertoevoer

Met de sluiting van de Philipsdam in april 1987 waren de Deltawerken voor wat betreft de Oosterschelde voltooid. In de Philipsdam bevindt zich een sluisencomplex met een zoet-zout scheiding, het Krammersluizen complex. Door de aanleg van deze compartimenteringsdam in de Noordelijke tak is de zoetwatertoevoer naar de Oosterschelde sterk verminderd (gele pijl, Foto 6.1). De gemiddelde jaarlijkse totale zoetwaterbelasting op de Oosterschelde nam af van  $70 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  voor 1987 tot  $25 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  na voltooiing van de compartimenteringsdam, een vermindering van ongeveer 64% (Figuur 6.1).

Een direct gevolg van de afgenomen zoetwaterbelasting was een toename van de saliniteit, met name in het centrale, het oostelijke en het noordelijke deel van de Oosterschelde. Door de afname van de stroomsnelheden daalden de zwevend stof concentraties. Dientengevolge nam het doorzicht in de Oosterschelde toe, met name in de Noordtak en de Kom waar de stroomsnelheden het meeste zijn afgenomen. Er traden tot het einde van de tachtiger jaren ook aanzienlijke

veranderingen op in de waterkwaliteit van de Oosterschelde (Smaal & Boeije, 1991; Wetsteyn & Bakker, 1991; Wetsteyn & Kromkamp, 1994).

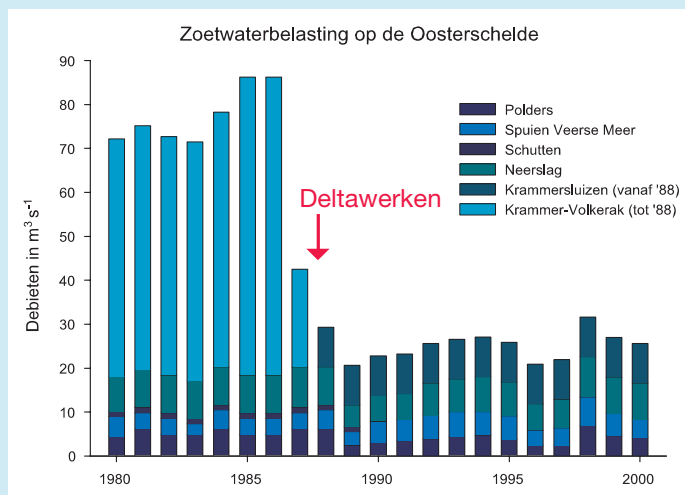
#### Prognoses van effecten

Na de bouw van de Oosterscheldewerken verscheen de nota 'Te verwachten ontwikkelingen in het Oosterscheldebekken na 1987' (Anonymous, 1986), waarin een prognose voor de ontwikkelingen van een aantal abiotische variabelen en het fytoplankton gegeven wordt. Verwacht werd dat de verminderde nutriëntenbelasting zou leiden tot een afname van opgelost anorganisch stikstof (DIN) met 55%, van fosfaat ( $\text{PO}_4$ ) met 80% en van silicaat (Si) met 65%. Door de lagere nutriëntenconcentraties zou er kans op nutriëntenlimitatie (met name stikstof, silicaat) van het fytoplankton bestaan. De lagere troebelheid zou echter ook een beter lichtklimaat voor het fytoplankton tot gevolg hebben. Er werd daarom geen verandering verwacht in de jaar-gemiddelde primaire productie maar mogelijk wel een verschuiving in het seizoen.





Foto 6.1 Positie van de Oosterschelde in het Deltagebied. Landinwaarts wordt deze begrensd door compartimenteringsdammen (rode lijnen) en aan de zeezijde door de waterdoorlatende Stormvloedkering (gestippelde rode lijn). De gele pijl geeft de locatie aan waar voor 1987 zoet water vanuit het Krammer-Volkerak naar de Oosterschelde stroomde. Bron: Provincie Zeeland.



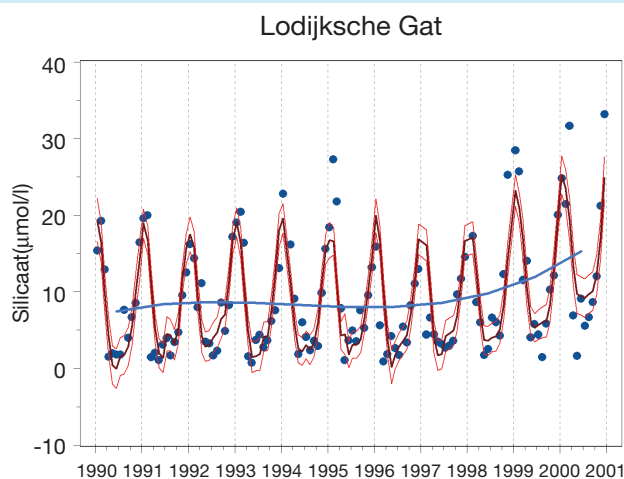
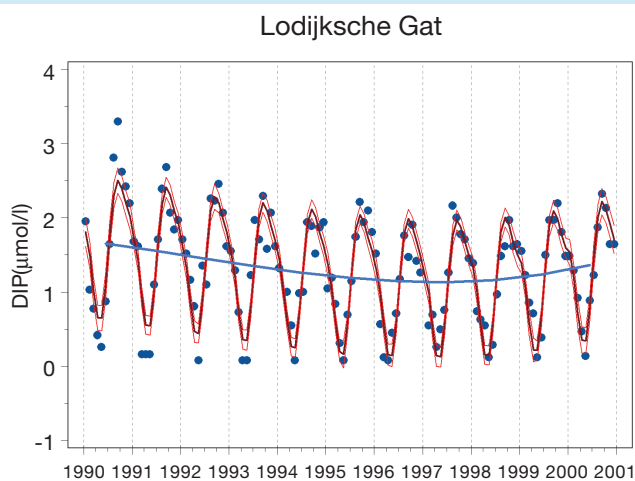
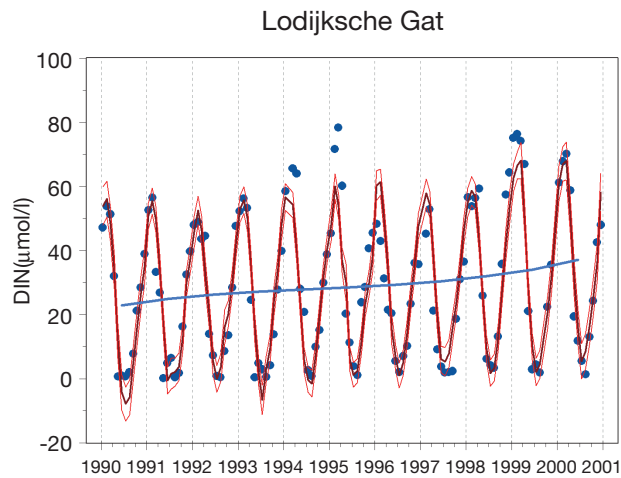
Figuur 6.1 Waterbelasting op de Oosterschelde voor de periode 1980-2000.

### Nutriëntenconcentraties

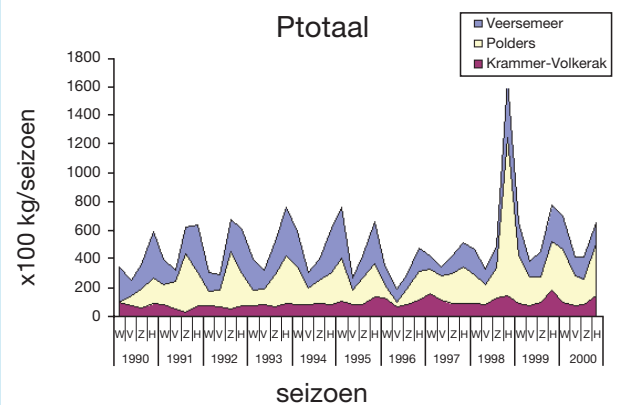
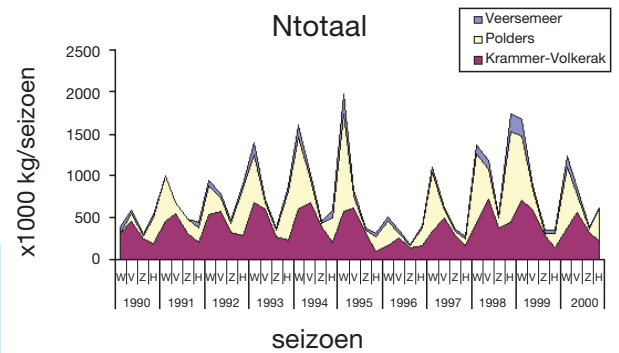
De verminderde zoetwaterbelasting leidde inderdaad tot een afname van de nitraat(N) en silicaat(Si)concentraties, met name in het Midden, de Noordtak en de Kom van de Oosterschelde. De afname van stikstof- en silicaatconcentraties duurde tot begin jaren negentig. Na 1987 was er nog niet direct een afname van de fosfaatconcentraties, die afname zette pas vanaf ongeveer 1990 in. De afgenomen zoetwaterbelasting op de Oosterschelde leidde dus tot een zoutwater getijdensysteem, waarin een aanmerkelijke oligotrofiëring is opgetreden (Nienhuis & Smaal, 1994; van Berchum & Wattel, 1996).

Tijdens de tweede helft van de negentiger jaren komt er echter een einde aan de daling van de stikstof-, silicaat- en fosfaatconcentraties en beginnen deze weer te stijgen, en wel zo sterk, dat voor opgelost anorganisch stikstof (DIN) en silicaat over de gehele periode 1990 t/m 2000 een significante stijgende trend wordt gevonden; voor fosfaat wordt voor de negentiger jaren nog een afnemende trend gevonden omdat de afname van fosfaat in de negentiger jaren langer aanhield dan die van stikstof en silicaat. Er is geen trend in de water-, Ntotaal- en





Figuur 6.2 Voorbeeld van het verloop van de stikstof-, fosfaat- en silicaat concentraties ( $\mu\text{M/l}$ ) in de Kom (locatie Lodijksche Gat) van de Oosterschelde in de jaren 1990 t/m 2000. De punten geven de waarnemingen weer, de donkerrode lijn de voorspellingen van het gebruikte regressiemodel met het 95% betrouwbaarheidsinterval (de lichtrode lijnen) en de derdegraads polynoom trendlijn wordt met de blauwe lijn aangegeven.



Figuur 6.3 Ntotaal- en Ptotaalbelasting per seizoen op de Oosterschelde van uit het Krammer-Volkerak, de omringende polders en het Veerse Meer. W = winter (december t/m februari), V = voorjaar (maart t/m mei), Z = zomer (juni t/m augustus) en H = herfst (september t/m november).

Ptotaalbelasting en er is dus nog steeds sprake van oligotrofiëring, maar aan het einde van de negentiger jaren ook van toenemende nutriëntenconcentraties! Hoewel Figuur 6.2 laat zien dat er trends over de jaren heen bestaan, wordt de grootste variatie in nutriëntenconcentraties altijd nog tussen seizoenen gevonden. Figuur 6.3 laat de stikstof- en fosfaatbelasting van de Oosterschelde zien voor de jaren 1990 t/m 2000, gesplitst naar de verschillende bronnen. De jaar-op-jaar variatie in stikstofbelasting wordt veroorzaakt door verschillende neerslaghoeveelheden tussen natte (bijvoorbeeld 1998) en droge jaren (bijvoorbeeld 1996 en 1997).

## 6.2 VERANDERINGEN IN DE FYTOPLANKTONSAMENSTELLING

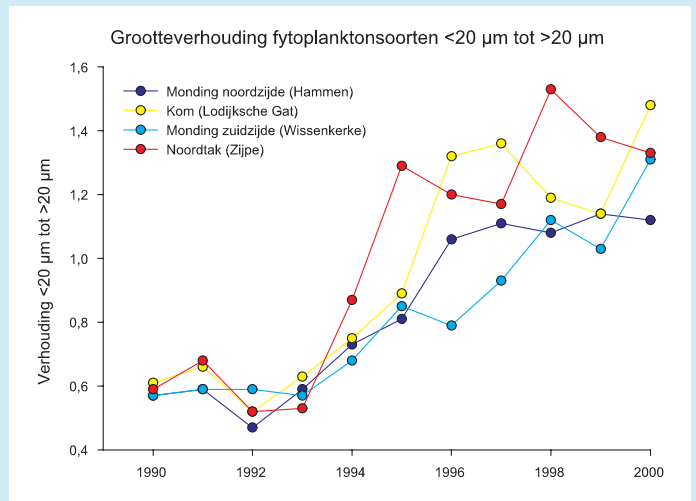
Op vier locaties in de Oosterschelde (Bijlage 9) is door RIKZ fytoplanktonmonitoring uitgevoerd in de periode 1990 t/m 2000. Het meeste fytoplankton ontwikkelt zich in het voorjaar (maart t/m mei) en in de zomer (juni t/m augustus). In de zomer is op de relatief heldere locaties Lodijksche Gat (Kom) en vooral Zijpe (Noordtak) de fytoplanktondichtheid vaak hoger dan op de locaties in de Monding (Hammen Oost en

Wissenkerke). De numeriek belangrijkste groep binnen het fytoplankton in de Oosterschelde wordt gevormd door de diatomeeën.

Bij de analyse van de fytoplanktongegevens is gezocht naar veranderingen in aantallen en soorten fytoplankton op de vier Oosterschelde locaties. Analyse van de veranderingen in de fytoplanktonsoortensamenstelling met behulp van een tweedimensionale ordinatie methode (MDS) liet zien dat de mogelijke invloed van abiotische factoren niet te onderscheiden was van het mogelijke effect van wisselingen tussen analyserende bureau's. Door een indeling in twee grootteklassen te maken kon dit probleem echter grotendeels omzeild worden. Over het algemeen wordt voor de beschrijving van fytoplanktongrootte een grens gehanteerd van 20 µm (onderscheid tussen nano- en microplankton). Een dergelijke classificatie is ook toegepast op de Oosterschelde dataset waarbij de fytoplanktonsoorten zijn gelabeld als <20 µm (klein) of >20 µm (groot). Figuur 6.4 laat zien dat in de periode 1993 t/m 2000 de verhouding fytoplankton <20 µm tot fytoplankton >20 µm van 0.5 toenam tot waarden tussen 1.0 en 1.5, waarbij de grootste veranderingen optraden in de Kom (locatie Lodijsche Gat) en in de Noordtak (locatie Zijpe). Er zijn met name in deze twee deelgebieden dus relatief steeds minder grote en meer kleine fytoplanktonsoorten aangetroffen.

Het totaalbeeld in Figuur 6.4 wordt gevormd door alle fytoplanktonsoorten samen te beschouwen. Door van drie hoofdgroepen (diatomeeën, dinoflagelaten en overige soorten) deze verhouding afzonderlijk te bekijken, kunnen de ontwikkelingen per soortgroep afzonderlijk toegelicht worden. Figuur 6.5 laat voor diatomeeën, dinoflagelaten en de groep overige soorten het verloop in aantallen groter en kleiner dan 20 µm zien (linker figuren en de verhouding daartussen per jaar (rechter figuren).

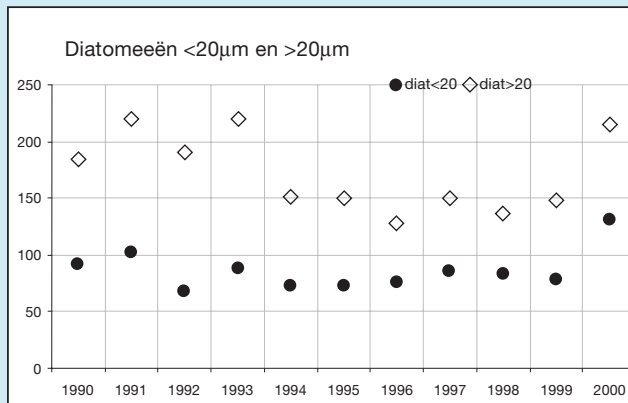
Vanaf 1993 blijken het aantal diatomeeën >20 µm en vooral dinoflagellaten >20 µm sterk af te nemen, terwijl vooral de groep overige soorten <20 µm in de periode 1994 t/m 1998 in aantallen sterk toenam (Figuren 6.5 a, c en e). Het verloop in de verhouding <20 µm en >20 µm (Figuren 6.5 b, d en f) weerspiegelt voor diato-



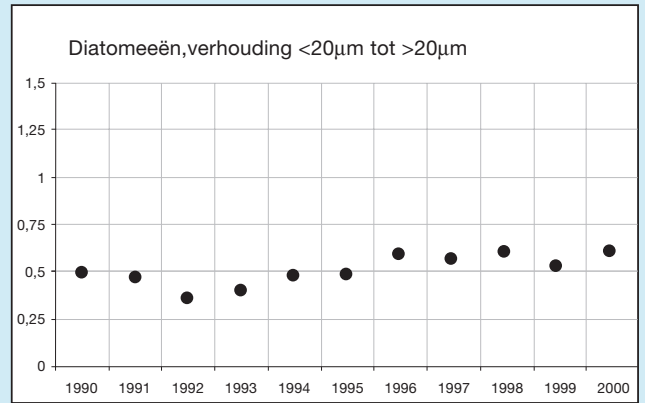
Figuur 6.4 Verhouding fytoplankton <20 µm tot fytoplankton >20 µm (In getransformeerde aantallen) op de vier Oosterschelde locaties.

meeën en dinoflagelaten deze afname van de aantallen >20 µm en bij de overige soorten de toename van het aantal <20 µm. Deze toename in de groep 'overige soorten' wordt veroorzaakt door een aanzienlijke toename van *Cryptophyceae*, kleine algen tussen de 4 en de 6 µm groot (mond. med. drs. L.M.P.J. Wetsteyn). Ook de soort *Skeletonema costatum* neemt fors in aantal toe, wat opmerkelijk is aangezien deze soort in de jaren 1982 t/m 1990 juist aan het afnemen was (zie Figuur 8 in Bakker et al., 1994). Er is ook weer een terugval in de grootteverhouding in de laatste twee jaar te zien bij dinoflagelaten en overige soorten, maar niet bij diatomeeën (Figuur 6.5 b).

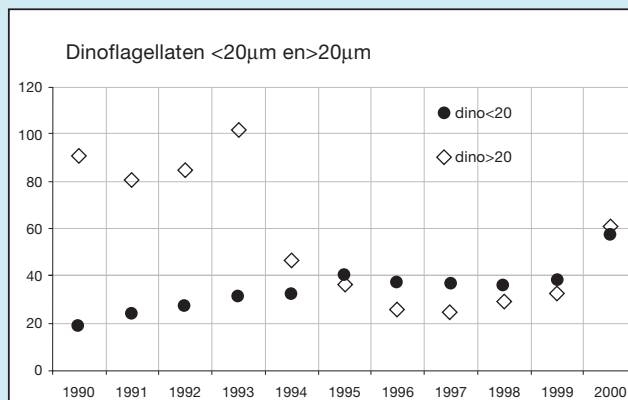
Er kon met behulp van multivariate analyse technieken geen verklarende abiotische factor (nutriënten, doorzicht, saliniteit en temperatuur) voor bovengenoemde veranderingen in de fytoplanktonsamenvatting gevonden worden. Mogelijk hangen deze veranderingen meer samen met een biotische factor, bijvoorbeeld begrazing door zoöplankton of schelpdieren. In hoeverre de verschuiving binnen de grootteklassen van het fytoplankton het resultaat zou kunnen zijn van selectieve begrazing door Japanse oesters wordt in Hoofdstuk 7 behandeld.



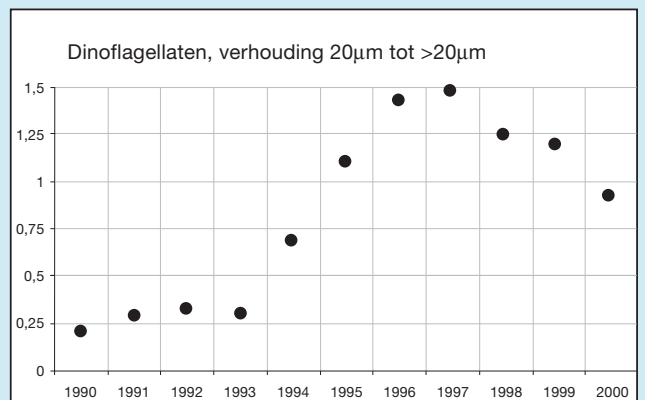
Figuur 6.5 a ln getransformeerde aantallen l<sup>1</sup> diatomeeën <20 µm en >20 µm.



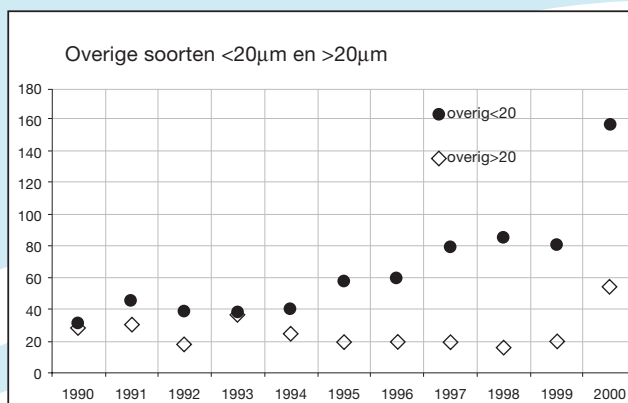
Figuur 6.5 b Verhouding diatomeeën <20 µm tot >20 µm.



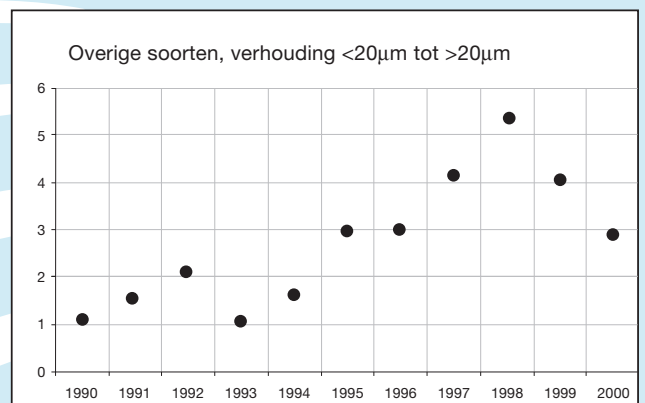
Figuur 6.5 c ln getransformeerde aantallen l<sup>1</sup> dinoflagellaten <20 µm en >20 µm.



Figuur 6.5 d Verhouding dinoflagellaten <20 µm tot >20 µm.



Figuur 6.5 e ln getransformeerde aantallen l<sup>1</sup> overige soorten <20 µm en >20 µm.



Figuur 6.5 f Verhouding overige soorten <20 µm tot >20 µm.

### 6.3 AFNAME PRIMAIRE PRODUCTIE

Aangezien het meten van primaire productie zeer arbeidsintensief is, zijn er slechts een beperkt aantal monsterlocaties waar met een beperkte frequentie metingen verricht zijn (Bijlage 9). De primaire productie van het fytoplankton in de Oosterschelde is door het NIOO-CEME op 5 locaties gemeten in de jaren 1991, 1993, 1996, 1998 en 2000. De primaire productie in de niet bemeten jaren werd met behulp van een model geschat uit de hoeveelheid chlorofyl-a, de dagelijkse instraling en de fotische diepte.

Er zijn grote verschillen in gemeten jaarproducties tussen de diverse Oosterscheldelocaties. Deze verschillen worden vooral veroorzaakt door verschillen in diepte: de gemiddelde diepte in de Kom (zo'n 4 meter) is veel minder dan in de rest van de Oosterschelde. Aangezien de diepte tot waarop fotosynthese mogelijk is over het algemeen groter is dan 4m, betekent dit dat de potentiële primaire productie door de 'geringe' diepte beperkt wordt. Anderzijds betekent dit dat er tijdens hoog water in grote delen van het de ondiepe Kom primaire productie mogelijk is door bentische diatomeeën. De jaarproductie van het fytoplankton varieert tussen 100 en 450 gC m<sup>-2</sup> per jaar.

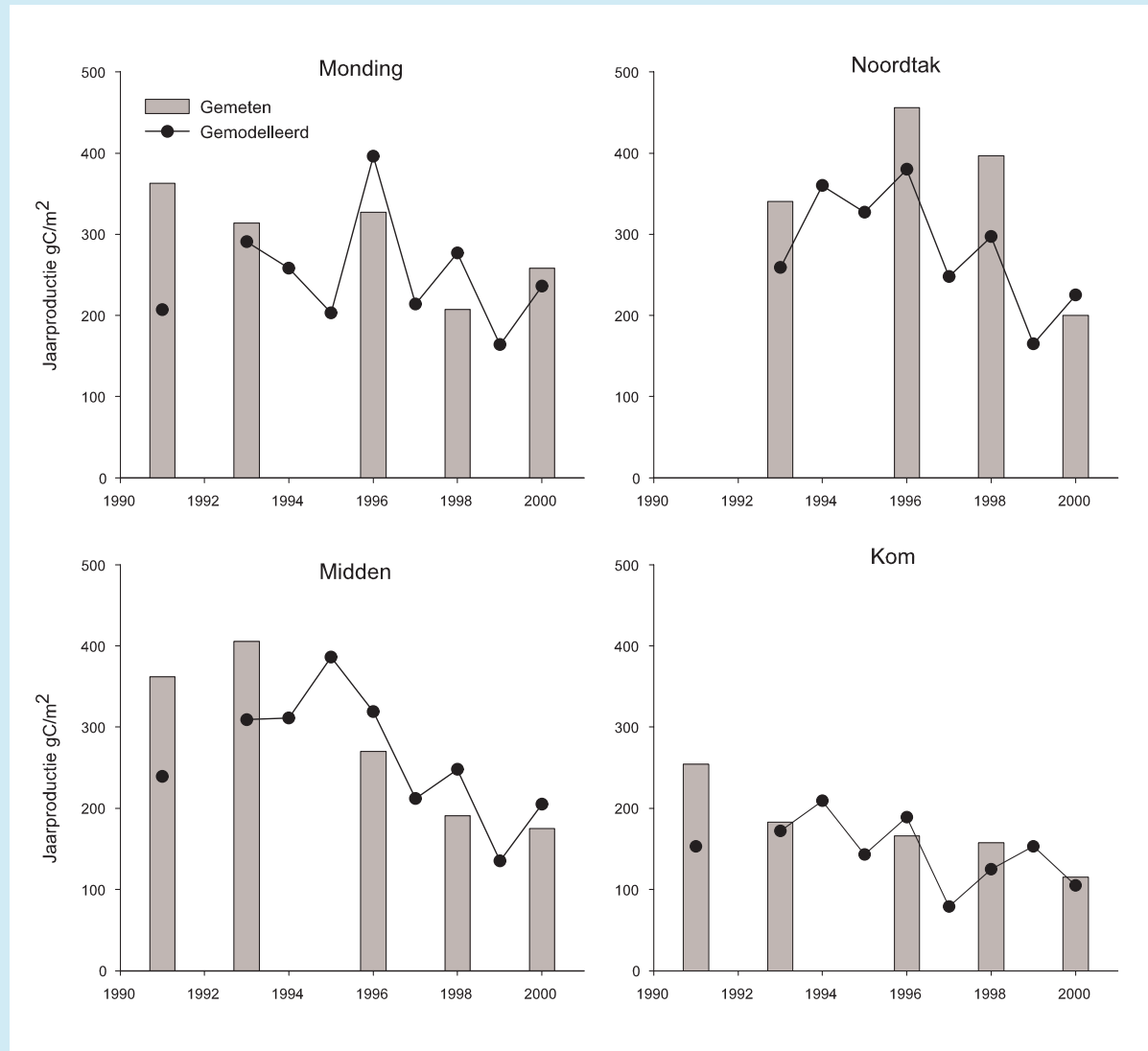
#### Resultaten gemeten en gemodelleerde jaarproducties

Figuur 6.6 laat de gemeten en gemodelleerde jaarproducties zien voor de afzonderlijke deelgebieden. Op alle locaties wordt een afname in gemeten jaarproducties gevonden met uitzondering van de Noordtak. Deze afname is significant voor de locatie Zeelandbrug (Midden) en de locatie Lodijksche Gat (Kom), maar niet voor de Monding (locaties Wissenkerke en Hammen-Oost). De gemodelleerde data laten een afname van primaire productie zien in Kom, Midden en Noordtak in de periode 1990-2000, maar niet voor de situatie in de Monding. De afname in primaire productie treedt vooral op tijdens de tweede helft van de jaren negentig. Na toetsing blijkt alleen de afname voor station Zandkreek in het Middengebied significant te zijn.

Voor alle andere stations zijn de veranderingen door de spreiding in de resultaten niet significant. De resultaten van de gemodelleerde data ondersteunen dus slechts deels de conclusie (afname productie in oostelijke en centrale compartiment) die gebaseerd is op de gemeten jaarproducties.

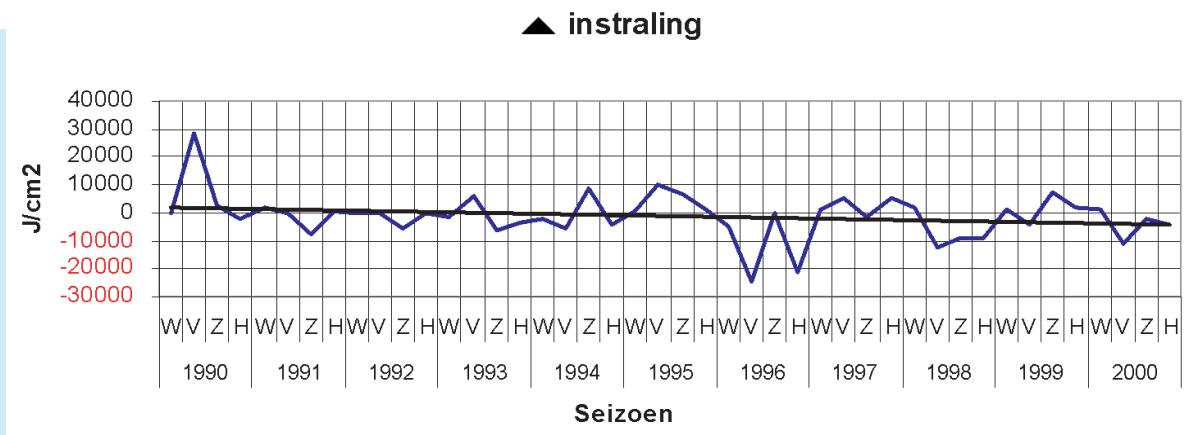
Door een toetsing van de jaarproductie tussen 1990 en 1995 en tussen 1996 en 2000 uit te voeren, blijkt dat de stations gelegen in het centrale deel van de Oosterschelde een significant lagere productie hebben sinds 1996, hetgeen de eerdere conclusie dat de productie lijkt af te nemen in het centrale en oostelijke deel ondersteunt. De waarden voor de locatie Lodijksche Gat in de Kom zijn echter niet significant. Het meest westelijke station, Roompot, vertoont geen duidelijke verschillen in beide perioden. Dit is in overeenstemming met het algemene idee dat de Monding het meeste beïnvloed wordt door de Noordzee en dus het minst gevoelig is voor veranderingen binnen de Oosterschelde zelf. Voor de gehele periode 1990 t/m 2000 werden geen significante trends in de chlorofyl-a concentraties gevonden, maar er is wel een tendens dat in de tweede helft van de negentiger jaren de chlorofyl-a concentraties in het oostelijke en noordelijke deel van de Oosterschelde beginnen af te nemen.

Op basis van de gemeten en gemodelleerde jaarproducties kan de conclusie getrokken worden dat de primaire productie in de Kom en het Middengebied aan het afnemen is. Uit de modelresultaten kan worden opgemaakt dat omstreeks 1995 een omslag lijkt te hebben plaats gevonden. De statistische analyses laten echter maar gedeeltelijk een eenduidig beeld zien: de gemeten producties suggereren een afname in het Middengebied en de Kom, terwijl de gemodelleerde data dit alleen ondersteunen voor een van de stations gelegen in het centrale compartiment. Vanwege het beperkt aantal jaren waarin de dalende trend is opgetreden, is het dus nog niet mogelijk om een statistisch hard onderbouwde conclusie te trekken. De ontwikkelingen in de komende jaren zullen duidelijk moeten maken in hoeverre hier echt sprake is van een verandering in het functioneren van de Oosterschelde.



Figuur 6.6 Gemeten jaarproducties (balken) en gemodelleerde jaarproducties (lijnen).





Figuur 6.7 Verskil in instraling t.o.v. gemiddeld jaar in de periode 1990 t/m 2000, gebaseerd op meteogegevens van het KNMI-station Vlissingen (0 = niet afwijkend van gemiddeld jaar). W = winter (december t/m februari), V = voorjaar (maart t/m mei), Z = zomer (juni t/m augustus) en H = herfst (september t/m november).

#### 6.4 MOGELIJKE OORZAKEN VOOR GECONSTATEERDE AFNAME PRIMAIRE PRODUCTIE

##### Nutriëntenlimitatie

Een eerste belangrijke factor voor de hoogte van de primaire productie van het fytoplankton is de beschikbaarheid van nutriënten. Uit de nutriëntengegevens blijkt dat er het gehele jaar voldoende stikstof (in de vorm van nitraat of ammonium) aanwezig is. De concentraties fosfaat en silicaat zijn aan het einde van de voorjaarsbloei mogelijk limiterend voor het fytoplankton, maar slechts van korte duur. Uit metingen van de fotosynthese-efficiëntie blijkt alleen aan het einde van de voorjaarsbloei een lichte limitatie op te treden in de Kom en de Noordtak. Verder blijkt dat vanaf het einde van de negentiger jaren de nutriëntenconcentraties weer aan het toenemen zijn. Omdat de periode van limitatie maar heel kort is, kan de beschikbaarheid van nutriënten niet de belangrijkste factor zijn die verantwoordelijk is voor de variatie en afname van de primaire productie. De afgenomen toevoer van nutriënten naar de Oosterschelde heeft dus niet geleid tot de waargenomen afname in primaire productie van het fytoplankton.

##### Instraling

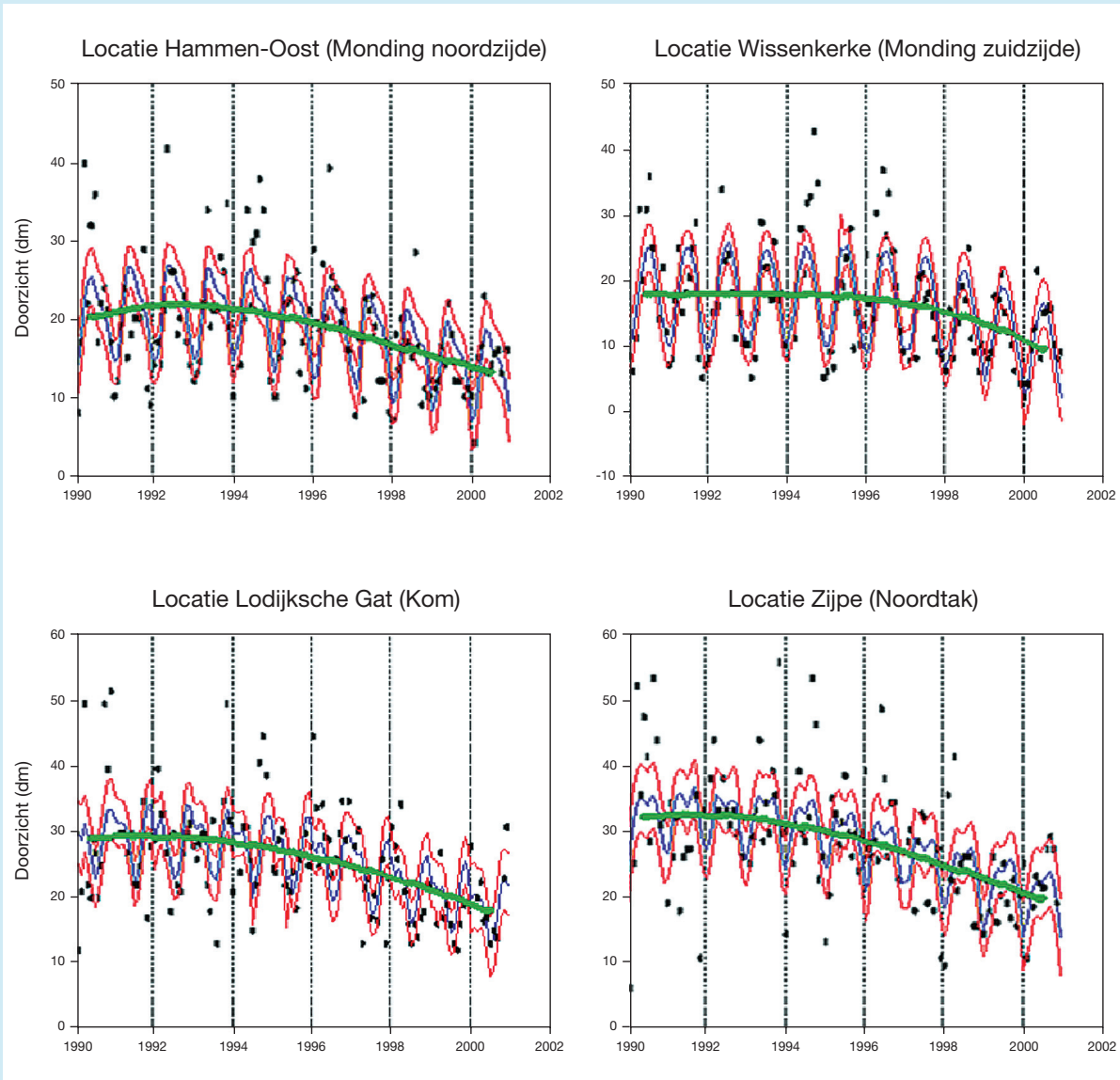
Een tweede belangrijke factor voor de hoogte van de primaire productie is de beschikbaarheid van licht. Uit

de gemeten instraling op het KNMI-station Vlissingen blijkt dat er een licht afnemende, maar niet significante trend is voor de negentiger jaren (Figuur 6.7). De waargenomen afname in primaire productie van het fytoplankton kan dus niet verklaard worden door de afname in instraling.

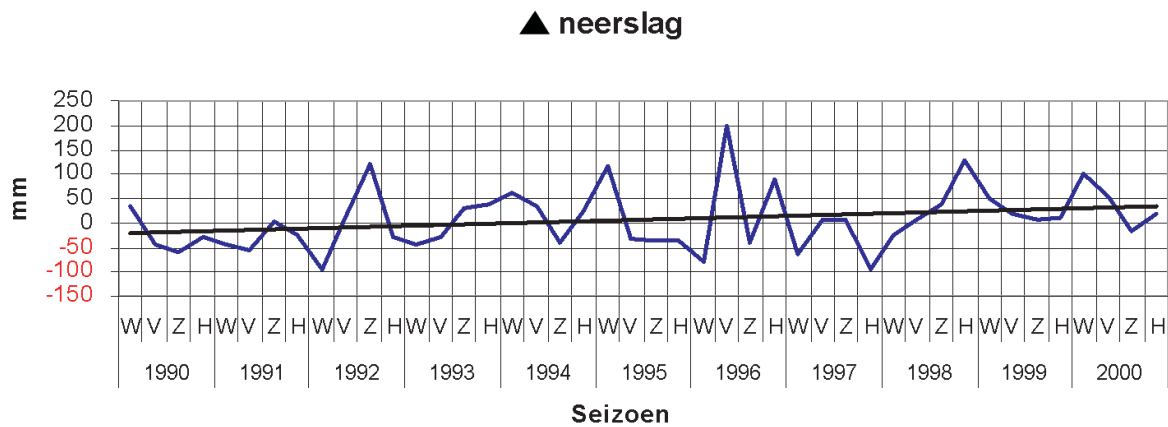
##### Afname doorzicht

Uit het primaire productie onderzoek van het NIOO-CEME blijkt dat er, met uitzondering van de Monding, een significant verband bestaat tussen de gemodelleerde jaarproductie en het jaargemiddelde doorzicht. Aangezien een afnemend doorzicht kan resulteren in lichtlimitatie van het fytoplankton en daardoor een mogelijke verklaring kan zijn voor de afgenomen primaire productie is de ontwikkeling in het doorzicht nader bekeken.

Uit trendanalyses op de waterkwaliteitsgegevens van de Oosterschelde blijkt dat er een significante afname van het doorzicht op alle Oosterscheldelocaties heeft plaatsgevonden. Figuur 6.8 laat het verloop in doorzicht voor de vier verschillende locaties in de Oosterschelde zien voor de periode 1990-2001. De sterkste afname is gevonden op de locaties Lodijsche Gat (Kom) en Zijpe (Noordtak). Ook worden, vooral in de tweede helft van de negentiger jaren, hogere extincties gemeten. De afname van het doorzicht gaat niet gepaard met een toename in het zwevend stof gehalte op deze locaties. Op geen van de locaties is een significante verandering in de



Figuren 6.8 Verloop doorzicht (in dm) op 4 locaties in de Oosterschelde: linksboven Hammen-Oost (noordzijde van de Monding), rechtsboven Wissenkerke (zuidelijk deel Monding), linksonder Zijpe (Noordtak) en rechtsonder Lodijsche Gat (Kom) laten allen een neerwaartse trend zien over de periode 1990 – 2001. De sterkste afname is gemeten in de deelgebieden met de langste verblijftijd: het Komgebied (locatie Lodijsche Gat) en de Noordtak (locatie Zijpe).



Figuur 6.9 Neerslaghoeveelheden in de periode 1990 t/m 2000 gebaseerd op meteogegevens van het KNMI-station Vlissingen. W = winter (december t/m februari), V = voorjaar (maart t/m mei), Z = zomer (juni t/m augustus) en H = herfst (september t/m november).

chlorofyl-a concentraties gevonden, evenmin zijn er trends gevonden voor particuliere stikstof- en fosfaatgehalten. Omdat de gevonden afname van het doorzicht en de extinctie niet gepaard gaat met toenemende concentraties van particuliere stoffen, zal de oorzaak van de afname van het doorzicht dus gezocht moeten worden in de opgeloste stoffen.

### Humuszuren

De meest waarschijnlijke verklaring voor het teruglopende doorzicht lijkt een toename van de in het Oosterscheldewater aanwezige humuszuren te zijn. In Nederland worden humuszuren niet routinematig gemeten (mond. med. dr. R.W.P.M. Laane). Wel is bekend dat humuszuren een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de extinctiecoëfficiënt (uitdoving van licht) van het water (Laane, 1980; Christensen et al., 1996). Inderdaad worden in de Oosterschelde, vooral in de tweede helft van de negentiger jaren, hogere extincties gemeten.

Ook is er voor de Oosterschelde onlangs een significant verband gevonden tussen doorzicht en zuurgraad (pH) van het water. Samen met het afnemende doorzicht daalt de pH van het Oosterscheldewater, wat de toename van humuszuren indirect lijkt te bevestigen (Schaub et al., 2003). Toch is de daling in pH opmerkelijk, gezien de hoge buffercapaciteit van het zeewater en het grote watervolume van de Oosterschelde.

Humuszuren kunnen langs verschillende wegen in het ecosysteem terechtkomen. Allereerst zijn humuszuren vooral afkomstig uit de aanvoer van rivierwater die weer sterk samenhangt met de hoeveelheid neerslag. Bij een toename van de neerslag zullen er meer uitgespoelde humuszuren door de rivieren naar de Noordzee afgevoerd worden. Gedurende de negentiger jaren is er een duidelijke toename in de gemiddelde hoeveelheid neerslag in Nederland geconstateerd en zijn voor de Rijn een regelmatige toename in de gemiddelde afvoer en de hoogste gemiddelde afvoeren van de vorige eeuw gemeten (KNMI, 1999). In overeenkomst met voorgaande is op de zoetwaterlocatie Steenberg (Krammer-Volkerak) een significante toename van DOC (opgelost organisch koolstof, gaat samen met verhoogde afspoeling van regenwater vanaf het land) gemeten. Op locaties in de Voordelta en de Waddenzee is eveneens een terugloop in doorzicht gemeten, wat een verband met verhoogde neerslaghoeveelheden niet uitsluit (mond. med. drs. L.M.P.J. Wetsteyn). Figuur 6.9 laat het verloop in neerslag (weerstation Vlissingen) zien voor de periode 1990 t/m 2000.

De hoeveelheid uitgeslagen polderwater op de Oosterschelde blijkt zeer significant samen te hangen met de hoeveelheid neerslag. Verder zal ook een groot deel van de waterbelasting vanuit het Veerse Meer uit uitgeslagen polderwater bestaan. Uitgeslagen polderwater is een mogelijke bron van humuszuren, vooral door afspoeling van regenwater vanaf het land.

### Geëxponeerde veenlagen

Een andere, directere, bron van humuszuren ligt mogelijk binnen de Oosterschelde zelf. Op veel plaatsen in Zeeland komt in de ondergrond veen voor, het zogenaamde Hollandveen (zie Hoofdstuk 2). Onder vrijwel alle slikken van de Oosterschelde komen veenbanken voor (Figuur 2.11). Met name in de Kom, maar ook in het Middengebied en de Noordtak, zijn grote delen van de veenlagen bloot komen te liggen die voorheen onder het sediment lagen (mond. med. drs. D.J. de Jong). Waarschijnlijk is dit het gevolg van erosie van slikken ten gevolge van het zandhongerproces. Hoewel niet precies bekend is vanaf wanneer er op deze schaal veenbanken geëxponeerd zijn, lijkt het erop dat het in de loop van de jaren '90 om steeds grotere oppervlakken gaat. Het lijkt goed mogelijk dat de pakketten veen een belangrijke bron van humuszuren zijn als de bovenliggende zandlaag verdwenen is. In welke mate dit werkelijk gebeurt is momenteel onbekend.

Omdat niet kan worden aangegeven in hoeverre het afgenomen doorzicht veroorzaakt wordt door toegenomen neerslaghoeveelheden of door uitspoeling van geëxponeerde veenlagen, kan er dus slechts geconcludeerd worden dat er in de Oosterschelde waarschijnlijk twee afzonderlijke processen spelen die van invloed zijn op het teruglopende doorzicht. Deze processen lijken zich onafhankelijk en gelijktijdig te voltrekken.

### 6.5 CONCLUSIES 'ONTWIKKELING VOEDSELSITUATIE OOSTERSCHELDE VOOR SCHELPIEREN'

- De primaire productie van het fytoplankton in de Oosterschelde laat een afname zien in de tweede helft van de negentiger jaren in de Kom, Noordtak en het Middengebied. De jaarlijkse primaire productie door het fytoplankton lijkt op basis van de gemeten data af te nemen in het centrale en oostelijk deel van de

Oosterschelde. Dit wordt deels (voor het Middengebied) ondersteund door modelberekeningen.

- De afname in productie is niet het gevolg van een afname in nutriënten: nutriëntenlimitatie komt slechts gedurende een korte periode voor tijdens de voorjaarsbloei. Licht is een belangrijker sturende factor dan nutriënten. De waargenomen veranderingen blijken dus niet het directe gevolg te zijn van een afgenomen zoetwatertoevoer door aanleg van de Oosterscheldewerken.
- De oorzaak van daling in primaire productie lijkt het afgenomen doorzicht in alle delen van de Oosterschelde te zijn. Die afname in het doorzicht wordt niet veroorzaakt door een toename van de concentratie van particulier materiaal. Mogelijk wordt de afname in doorzicht veroorzaakt door een verhoging van humuszuurconcentraties in het Oosterscheldewater. Die verhoging kan een klimatologische oorzaak hebben: verhoogde neerslaghoeveelheden → uitspoeling van humuszuren landinwaarts → transport met rivierwater naar de zee → teruglopen doorzicht. Er kan ook een relatie zijn met het lange termijn erosieproces dat in de Oosterschelde op gang gekomen is. Oude veenlagen die in de Kom, Noordtak en Middengebied geëxponeerd raken door erosie van het bovenliggende sediment kunnen direct bijdragen aan de verhoging van humuszuurconcentraties. Op dit moment kan niet vastgesteld worden welk aandeel beide effectketens hebben op het teruglopen van het doorzicht.
- De grootteverdeling van het fytoplankton is gedurende de jaren '90 gewijzigd, er komen verhoudingsgewijs steeds meer kleine ( $< 20 \mu\text{m}$ ) fytoplanktonsoorten voor in de Oosterschelde. Er is een verschil tussen de ontwikkeling van diatomeeën en dinoflagelaten, waar vooral een afname van grotere soorten geconstateerd is, en van de overige fytoplanktonsoorten waar vooral sprake is van een toename van kleine fytoplanktonsoorten.







## 7. COMPETITIE TUSSEN SCHELPDIEREN OM VOEDSEL

### INLEIDING

In het vorige hoofdstuk is naar voren gekomen dat de primaire productie van het fytoplankton in (delen van) de Oosterschelde achteruit gegaan is. Ook is er een verandering in de groottesamenstelling van het fytoplankton geconstateerd. Deze veranderingen kunnen een effect hebben op de mate waarin voedsel beschikbaar is voor schelpdieren als kokkels, mosselen en oesters. Het is ook mogelijk dat schelpdieren zelf een deel van de veranderingen veroorzaken. Met name bij de verandering in groottesamenstelling van het fytoplankton zou er een verband met de opkomst van de Japanse oester kunnen bestaan. Naast ruimtecompetitie tussen Japanse oesters en kokkels (Hoofdstuk 4) is er in bepaalde delen van de Oosterschelde wellicht ook sprake van concurrentie om voedsel. Tenslotte is het ook nog mogelijk dat Japanse oesters kokkellarven affiltreren en daardoor de broedval drukken en bestaan er indirecte mechanismen waarbij door schelpdiergraas op zoöplankton een doorvertaling naar het fytoplankton plaatsvindt.

In dit hoofdstuk is een eerste aanzet gedaan tot het in kaart brengen van mogelijke voedselconcurrentie tussen de drie belangrijkste suspensie-eters in de Oosterschelde: kokkels, mosselen en oesters. Hiertoe is informatie verzameld over de biomassa aan schelpdieren, de filtratiesnelheden en -tijd van de schelpdieren, en het verloop van individuele kokkelgewichten. Deze zijn vergeleken met informatie over de turn-over en samenstelling van het fytoplankton in de verschillende deelgebieden.

Gezien de complexiteit van schelpdier - plankton interacties en het ontbreken van gegevens over andere belangrijke grazers zoals het zoöplankton zijn de resultaten uit dit hoofdstuk met grote onzekerheden omgeven. Aangezien veel van de gegevens aan rapporten en literatuur zijn ontleend en er geen empirische controle is uitgevoerd dienen de resultaten als indicatief te worden beschouwd en bedoeld om de richting aan te geven waarin de voedselsituatie voor schelpdieren zich in de verschillende deelgebieden van de Oosterschelde ontwikkelt. Een uitgebreide beschrijving van gehanteerde methodiek staat beschreven in 'De voedselsituatie voor kokkels in de Oosterschelde', Kater et al., 2003, RIVO rapport C018/03.

### DEELVRAGEN

Om de mogelijkheid van voedselcompetitie tussen schelpdieren in (delen van) de Oosterschelde in kaart te brengen zijn een aantal deelvragen opgezet die stapsgewijs in dit hoofdstuk behandeld zijn.

1. Hoe heeft de biomassa van de drie belangrijkste suspensie-eters (kokkels, mosselen en oesters) zich ontwikkeld in de Oosterschelde als geheel en afzonderlijk per deelgebied?
2. Wat zijn de filtreersnelheden en filtreertijden van genoemde schelpdieren (indicator voor het potentiële aandeel van de afzonderlijke schelpdiersoorten in de graas op voedsel)?
3. Hoe verhoudt zich de filtreertijd van schelpdieren tot de turn-over van het fytoplankton (maat voor de verhouding tussen voedselproductie en -consumptie)?

4. Hoe heeft het individueel gewicht van kokkels zich per deelgebied van de Oosterschelde ontwikkeld in de afgelopen tien jaar (maat voor kokkelgroei)?
5. Is er een relatie tussen de ontwikkeling van de voedselsituatie in de vorm van primaire productie en fytoplanktonsamenvatting in de Oosterschelde en het gewicht en de groei van kokkels?

### 7.1 ONTWIKKELING BIOMASSA SCHELPDIEREN OOSTERSCHELDE

De draagkracht voor schelpdieren wordt gedefinieerd als de maximale hoeveelheid schelpdierbiomassa waarvoor binnen een systeem voedsel en ruimte aanwezig is. In de praktijk zal de voedselsituatie (primaire productie en groottesamenstelling fytoplankton, import/export) veelal bepalend zijn voor de omvang van de totale schelpdierbiomassa die gehaald kan worden.

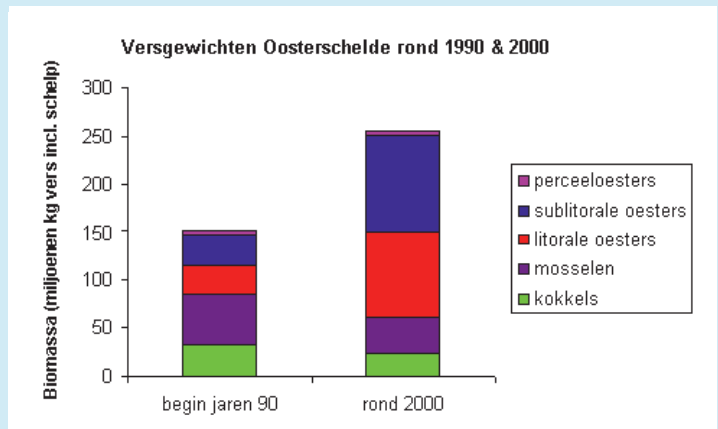
In de Oosterschelde zijn de belangrijkste schelpdieren in termen van biomassa de mossel, kokkel en de Japanse oester. Een overzicht van de schelpdierbiomassa's van kokkels, mosselen en Japanse oesters in de periode rond 1990 en de periode rond 2000 kan verschuivingen in de verhoudingen tussen schelpdieren inzichtelijk maken. Indien er sprake is van uitbreiding van de totale schelpdierbiomassa kan dit als indicatie dienen voor de hoeveelheid biomassa die maximaal gehaald kan worden, m.a.w. als er een toename te zien is, is er kennelijk nog ruimte voor groei.

De gegevens die gebruikt zijn om tot dit biomassa overzicht te komen zijn voor kokkels afkomstig uit de jaarlijkse RIVO kokkelsurvey, voor de mosselen van de jaarlijkse RIVO mosselinventarisatie en voor de oesters een combinatie van de RIVO oestersurveys, de litorale reconstructies voor 1990 en 2002 en sublitorale schatting voor 2002 (Hoofdstuk 4), aangevuld met gegevens over perceeloesters van de PO oester. Alle biomassa-gegevens zijn zoveel mogelijk voor het begin van het groeiseizoen bepaald en daardoor vergelijkbaar.

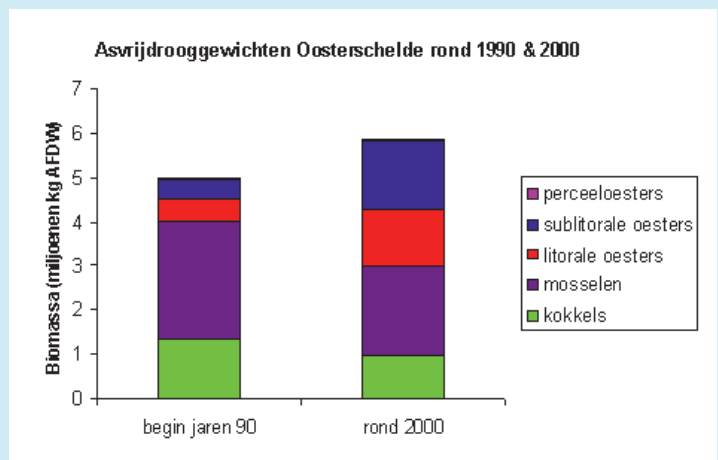
Om de jaarlijkse variatie in het kokkelbestand uit te middelen zijn de kokkelgegevens voor vier jaar rond 1990 en vier jaar rond 2000 voor de gehele Oosterschelde en per deelgebied gemiddeld. Inventarisatie van de mosselbiomassa in de Oosterschelde (voornamelijk kweekpercelen) vindt sinds 1992 plaats. Voor de eerste periode is de gemiddelde mosselbiomassa in de Oosterschelde en deelgebieden berekend aan de hand van de jaren 1992, 1993 en 1994. Voor de tweede periode is deze berekening uitgevoerd voor de periode 2000-2002.

Waar in 2002 een schatting is gemaakt van het sublitorale oesterbestand met behulp van sidescan-sonar ontbreekt een soortgelijke schatting voor 1990. Op basis van Figuren 4.4 en 4.5 is een gelijke verhouding tussen het litorale en sublitorale oesterbestand verondersteld zowel in 1990 als in 2000. Met deze verhouding is vervolgens het sublitorale oppervlak bedekt met oesters in 1990 geschat uit de litorale reconstructiegegevens van 1990. Omdat er geen oesterbiomassa's bepaald zijn in 1990 is dezelfde omrekening van bedekt oppervlak naar biomassa gebruikt als in 2002.

Er zijn verschillende maten te gebruiken om de biomassa van schelpdieren uit te drukken. Door het versge-



Figuur 7.1 De biomassa in versgewicht van diverse schelpdiersoorten begin jaren negentig en rond 2000 voor de gehele Oosterschelde.



Figuur 7.2 De biomassa in asvrijdrooggewicht van diverse scheldiersoorten begin jaren negentig en rond 2000 voor de gehele Oosterschelde.

wicht van de schelpdieren inclusief de schelp (uitgedrukt in miljoenen kg) te gebruiken kan het beeld gereproduceerd worden zoals dit in het veld beleefd wordt: dit is wat je ziet (Figuur 7.1). De figuur laat zien dat oesters begin jaren negentig in versgewicht iets minder dan de helft van de totale biomassa besloegen, terwijl dat rond 2000 tot driekwart is gegroeid. Het aandeel van kokkels en mosselen aan de biomassa als versgewicht is behoorlijk gedaald.

Het versgewicht (FW) van een schelpdier bevat zowel schelp als vlees. Omdat oesters voor het overgrote deel (>90%) uit schelp bestaan geeft de bovenstaande figuur

weliswaar weer wat er in het veld gezien wordt, maar niet wat het biologisch actieve deel is van deze schelpdieren. Het asvrijdrooggewicht (AFDW) is hiervoor een veel betere maat dan het versgewicht. Figuur 7.2 laat de asvrijdrooggewichten van de verschillende schelpdieren in de Oosterschelde rond 1990 en rond 2000 zien. De figuur laat een subtieler verschil tussen de beide periodes zien. Begin jaren negentig bestond het bestand op basis van asvrijdrooggewicht voor 20% uit oester, rond 2000 is dit aandeel naar 50% is gestegen.

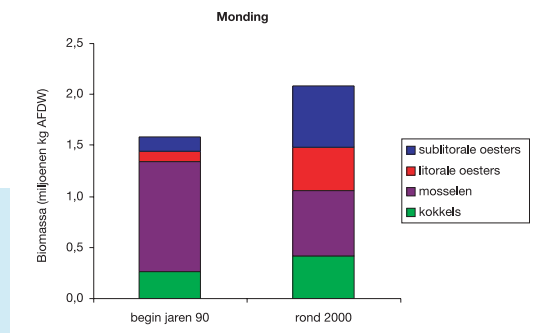
In Figuur 7.2 zijn alle schelpdierbiomassa's voor de gehele Oosterschelde gesommeerd. Binnen de Oosterschelde bestaat er echter een groot onderscheid tussen de verschillende deelgebieden. Mosselen worden bijvoorbeeld met name in het Mondings- en Middengebied gekweekt en de Japanse oester heeft zich het meest uitgebreid in de Kom en het Middengebied. Om deze verschillen zichtbaar te maken wordt in Figuren 7.3 t/m 7.6 per deelgebied de ontwikkeling van biomassa van de afzonderlijke schelpdiersoorten getoond. Doordat de omvang van de deelgebieden verschilt, is de schaling van de figuren niet gelijk.

### Monding

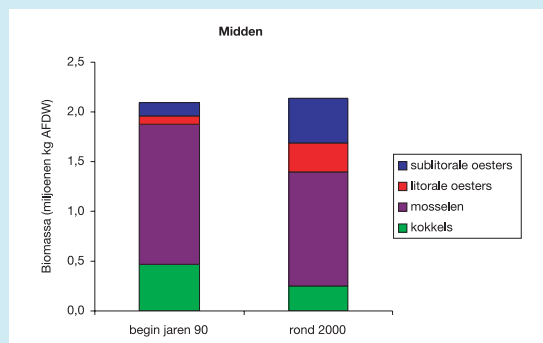
In de Monding is de totale biomassa in 2000 ten opzichte van 1990 met 32% toegenomen (Figuur 7.3). In dit gebied maakten de mosselen begin jaren negentig meer dan driekwart uit van de totale biomassa als asvrijdrooggewicht. Rond 2000 is dit aandeel gereduceerd tot een kwart. Het biomassa-aandeel van mosselen wordt door de aanvoer van mosselkwekers bepaald. De biomassa van zowel oesters als kokkels is tussen de genoemde perioden toegenomen. De toename van kokkels hangt waarschijnlijk samen met herstel van het bestand (na bevissing begin jaren '90) gedurende de jaren waarin de voedselreservering van kracht was (1997 t/m 2000, zie ook Figuur 5.15).

### Midden

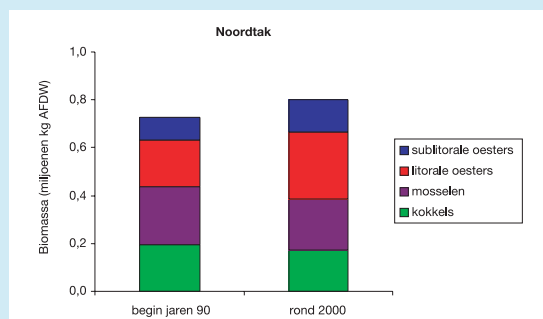
In het Middengebied is de totale biomassa in asvrijdrooggewicht nauwelijks gestegen tussen de twee periodes (+ 2%). Wel is de biomassa aan oesters toegenomen en de biomassa mosselen en kokkels gedaald.



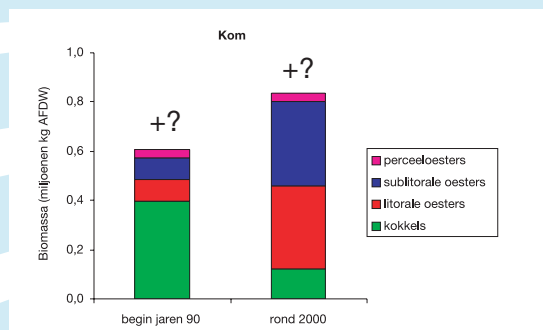
Figuur 7.3 De biomassa van kokkels, mosselen en oesters in de Monding van de Oosterschelde begin jaren negentig en rond 2000.



Figuur 7.4 De biomassa van kokkels, mosselen en oesters in het Middengebied van de Oosterschelde begin jaren negentig en rond 2000.



Figuur 7.5 De biomassa van kokkels, mosselen en oesters in de Noordtak van de Oosterschelde begin jaren negentig en rond 2000.



Figuur 7.6 De biomassa van kokkels, mosselen en oesters in de Kom van de Oosterschelde begin jaren negentig en rond 2000. De vraagtekens geven de extra biomassa aan die voor langere of kortere tijd op de verwaterplaatsen in de Kom liggen.

## Noordtak

In de Noordtak is tussen 1990 en 2000 de totale biomassa iets gestegen met 10% (Figuur 7.5). De biomassa van kokkels en mosselen in dit deelgebied zijn heel licht gedaald, terwijl de oesters in biomassa zijn toegenomen.

## Kom

In de Kom is de biomassa in asvrijdrooggewicht met 38% gestegen tussen de twee beschouwde perioden (Figuur 7.6). In dit gebied werd de biomassa in asvrijdrooggewicht begin jaren negentig nog gedomineerd door kokkels. Meer dan de helft van de biomassa werd door deze soort bepaald. Vanwege de sterke fluctuaties in de hoeveelheid mosselen die zich op de verwaterplaatsen bevinden, zijn deze niet in de analyse meegenomen. Wel is dit aandeel in de grafieken als +? opgenomen. Naast de mosselen op de verwaterplaatsen zijn er geen wilde mosselen in dit gebied aangetroffen. Rond 2000 wordt meer dan 80% van de biomassa gevormd door wilde Japanse oesters. In de Kom wordt, evenals in de Noordtak een kleinere totale schelpdierbiomassa gevonden dan in het Mondings- en Middengebied.

## 7.2 BEREKENING FILTRATIE TIJD

Uit Figuren 7.3 t/m 7.6 blijkt dat met uitzondering van het herstelde kokkelbestand in de Monding er in alle deelgebieden een verschuiving heeft plaatsgevonden van kokkels en mosselen naar oesters. Verder valt op dat voornamelijk in de Monding en de Kom sprake is van een toename van de totale schelpdierbiomassa (respectievelijk 32 en 38%). Hieruit zou in eerste instantie geconcludeerd kunnen worden dat er in deze deelgebieden kennelijk nog ruimte voor groei is. Echter, om iets te kunnen zeggen over de mate waarin de graas op fytoplankton door schelpdieren in de verschillende deelgebieden is toegenomen, moet er berekend worden hoeveel de schelpdieren gezamenlijk per deelgebied filtreren in 1990 en in 2000.

De filtratietijd wordt gedefinieerd als de tijd die alle schelpdieren in een bepaald gebied tezamen nodig hebben om het totale volume van dat gebied als water te filtreren. De filtratietijd van schelpdieren is per deel-

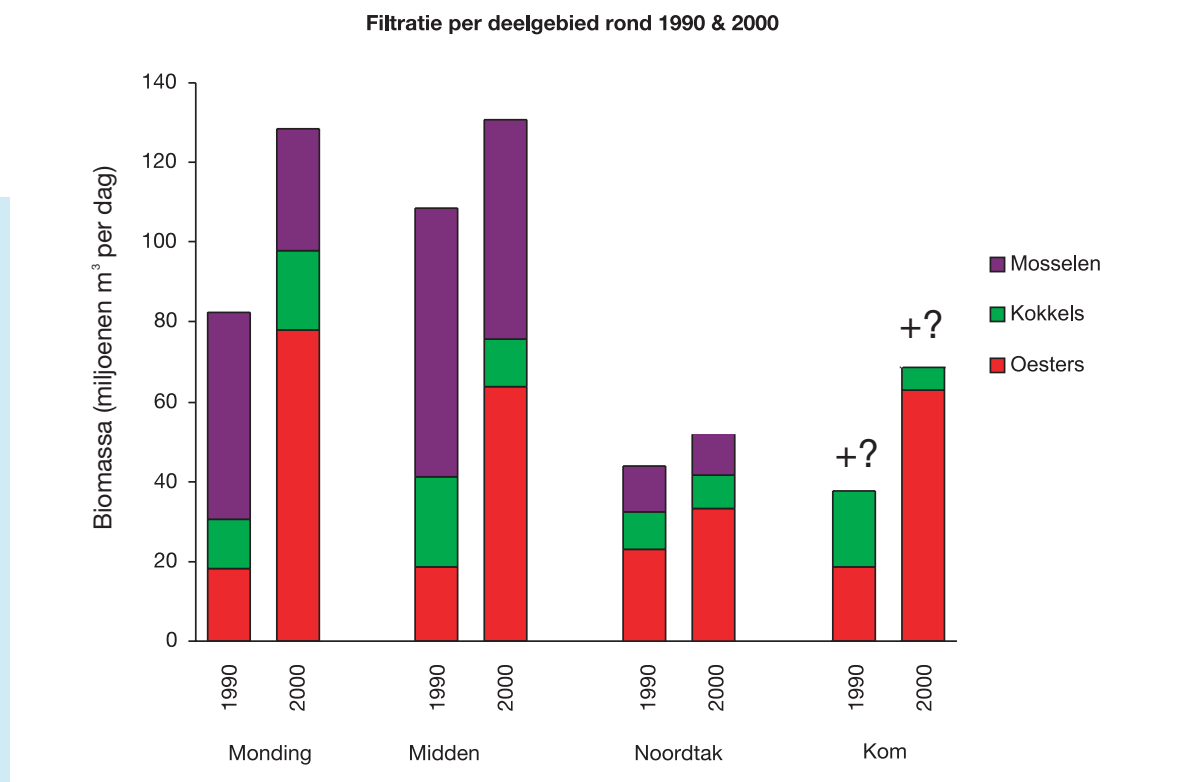
gebied berekend op basis van de bestandsschattingen in het voorjaar. In werkelijkheid zal de filtratietijd door het jaar heen niet constant zijn, maar omdat er een maal per jaar een gebiedsdekkende survey is, ontbreekt informatie over de variatie in het bestand en dus ook over de variatie in totale filtratiecapaciteit door de tijd. Voor elk van de schelpdiersoorten is de potentiële filtratiesnelheid vastgesteld, waarbij gecorrigeerd is voor het al dan niet droogvallen van (een gedeelte van) de kokkels, mosselen en oesters. Voor de gebruikte clearance rates, e.d. wordt verwezen naar het onderliggende rapport 'Voedselsituatie voor kokkels in de Oosterschelde', Kater et al. (2003).

Figuur 7.7 laat zien dat er in alle gebieden sprake is van een toename van het aandeel van oesters in de totale filtratie. In de Kom is de relatieve toename van filtratie door oesters en de afname door kokkels verreweg het grootst. In de Noordtak lijkt er vooralsnog het minste veranderd te zijn in de periode tussen 1990 en 2000, de toename in filtratie in dit deelgebied komt op het conto van de oesters, maar er is maar een (zeer) kleine afname in de filtratie door kokkels en mosselen.

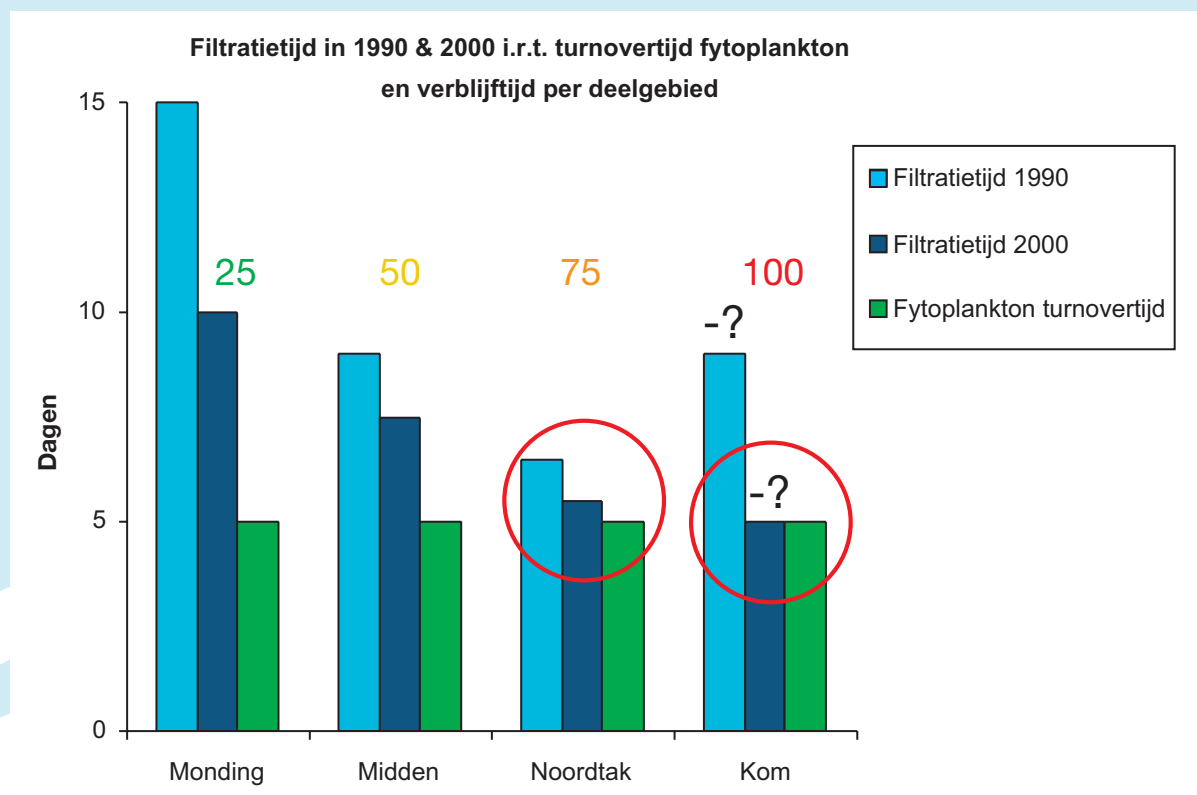
## 7.3 COMBINATIE FILTRATIE TIJD, FYTOPLANKTON TURN-OVER EN VERBLIJFTIJD

De turn-over snelheid van het fytoplankton is gemeten als de snelheid van de nutriëntenkringloop, van opname uit het water door fytoplankton tot afgifte bij sterfte, en is een maat voor de groeisnelheid van fytoplankton. De turn-over snelheden van het fytoplankton zijn gemeten door het NIOO-CEME (dr. J.C. Kromkamp) en vertonen geringe verschillen tussen de verschillende compartimenten van de Oosterschelde.

Als ervan uitgegaan wordt dat het fytoplankton de voornaamste voedselbron is voor schelpdieren, dan geeft de turn-over snelheid een indruk van de productiesnelheid van voedsel voor schelpdieren. Om de filtratie door kokkels, mosselen en oesters in verband te brengen met het voedselaanbod, is een combinatie gemaakt tussen filtratietijd, turn-over van het fytoplankton en de verblijftijd van het water in de verschillende deelgebieden voor de situatie rond 1990 en rond 2000 (Figuur 7.8). Bij een korte verblijftijd van het water (Monding, groen) is er veel import van voedsel vanuit de Noordzee mogelijk en kan de filtratietijd door schelpdieren lager



Figuur 7.7 Filtratie door mosselen, kokkels en oesters per deelgebied (in miljoenen m³ per dag) begin jaren negentig en rond 2000.



Figuur 7.8 Filtratietijden schelpdieren 1990 en 2000 (gebaseerd op bestandsopnamen in het voorjaar) en turn-over tijd fytoplankton per deelgebied. De verblijftijden van de deelgebieden staan aangegeven als getallen boven de grafiekstaven.



zijn dan de fytoplankton turn-over tijd, zonder dat er sprake is van een voedseltekort. Hoe langer de verblijftijd (oplopend van Monding → Kom), hoe belangrijker lokale voedselbronnen worden en hoe groter de kans op voedseltekorten en -competitie bij een toenemende graasdruk. De hier gepresenteerde filtratie- en turn-over tijden zijn jaargemiddeld, in werkelijkheid zal voedsellimitatie zich in een bepaald deel van het jaar het sterkste manifesteren. Er zal ook een terugkoppeling plaatsvinden van de schelpdieren op het fytoplankton, bijvoorbeeld door biodepositie en veranderingen in de fytoplanktonsamenstelling (Prins et al., 1998). In deze opzet is geen rekening gehouden met een dergelijk terugkoppelmechanisme.

### Monding

In de Monding is de filtratietijd van de waterkolom door schelpdieren gedaald van 15 dagen in de periode rond 1990 naar 10 dagen in de periode rond 2000. De jaargemiddelde turnover tijd van het fytoplankton is op ieder moment kleiner dan de 10 dagen die de schelpdieren nodig hebben om het gehele compartiment te filteren. Op basis van de hier gebruikte gegevens lijkt er voor dit deelgebied voldoende voedsel te worden geproduceerd om alle schelpdieren te kunnen voeden. Gezien de zeewaartse ligging van het Mondingsgebied is de verblijftijd van het water en daarmee de verversingsduur vrij kort (25 dagen). Er is relatief veel uitwisseling met de Noordzee en daardoor zal een eventuele aanvoer van voedsel vanuit de Noordzee kunnen plaatsvinden.

### Midden

In het Middengebied is de filtratietijd van de waterkolom door schelpdieren gedaald van 9 dagen in de periode rond 1990 naar  $7\frac{1}{2}$  dag in de periode rond 2000. De turn-over tijd van het fytoplankton is op alle moment kleiner dan de  $7\frac{1}{2}$  dag die de schelpdieren nodig hebben, hoewel de turn-over tijd en de filtratietijd van schelpdieren wel steeds dicht bij elkaar komen te liggen. Door de redelijk goede verversing in het Middengebied is enerzijds import van voedsel uit het Mondingsgebied en de Voordelta mogelijk, maar anderzijds ook export naar de Kom en de Noordtak.

### Noordtak

In de Noordtak is de filtratie tijd van de waterkolom door schelpdieren nauwelijks veranderd tussen 1990 en 2000. De turn-over tijd van het fytoplankton ligt vooral in het voorjaar hoger dan de filtratietijd van de schelpdieren. Dat betekent dat het fytoplankton zich langzamer kan aanvullen dan de schelpdieren het wegfilteren. Een eventueel tekort aan voedsel zal in dit deelgebied niet gecompenseerd worden door uitwisseling met andere gebieden gezien de lange verblijftijd van het water in dit deelgebied (75 dagen). In dit deelgebied bestaat echter ook de mogelijkheid dat er voedsel met zoet water vanuit het Krammer-Volkerak wordt aangevoerd. Aangezien er geen afname van filtratietijd te zien is tussen 1990 en 2000 en dus ook geen biomassatoename, lijkt het erop dat er geen ruimte meer is voor extra groei en dat de maximale biomassa in dit deelgebied reeds behaald is.

### Kom

In de Kom is de filtratietijd van de waterkolom door schelpdieren gedaald van 9 dagen in de periode rond 1990 naar 5 dagen in de periode rond 2000. Doordat er sprake is van een hoge filtratie van schelpdieren vergeleken met de turn-over van het fytoplankton treedt er mogelijk in het voorjaar voedsellimitatie voor de schelpdieren op, een effect wat in 1990 nog niet aanwezig was. Dit zal niet gecompenseerd kunnen worden door de import van voedsel, gezien de lange verblijftijd van water in dit deelgebied (100 dagen). Hoewel er kennelijk nog wel ruimte voor groei geweest is voor het totale schelpdierbestand in de periode 1990 t/m 2000, kan de afname van het kokkelbestand in dit deelgebied mogelijk deels verklaard worden door competitie om voedsel tussen schelpdieren.

Concluderend worden gesteld dat de combinatie van filtratietijd, fytoplankton turn-over en verblijftijd zich in de Kom en de Noordtak zodanig heeft ontwikkeld dat er een toegenomen kans is op voedselcompetitie in deze twee deelgebieden. Dit beeld is nog onvolledig door het ontbreken van gegevens over de mate waarin het zoöplankton enerzijds en de overige filtreerders zoals de Amerikaanse zwaardschede

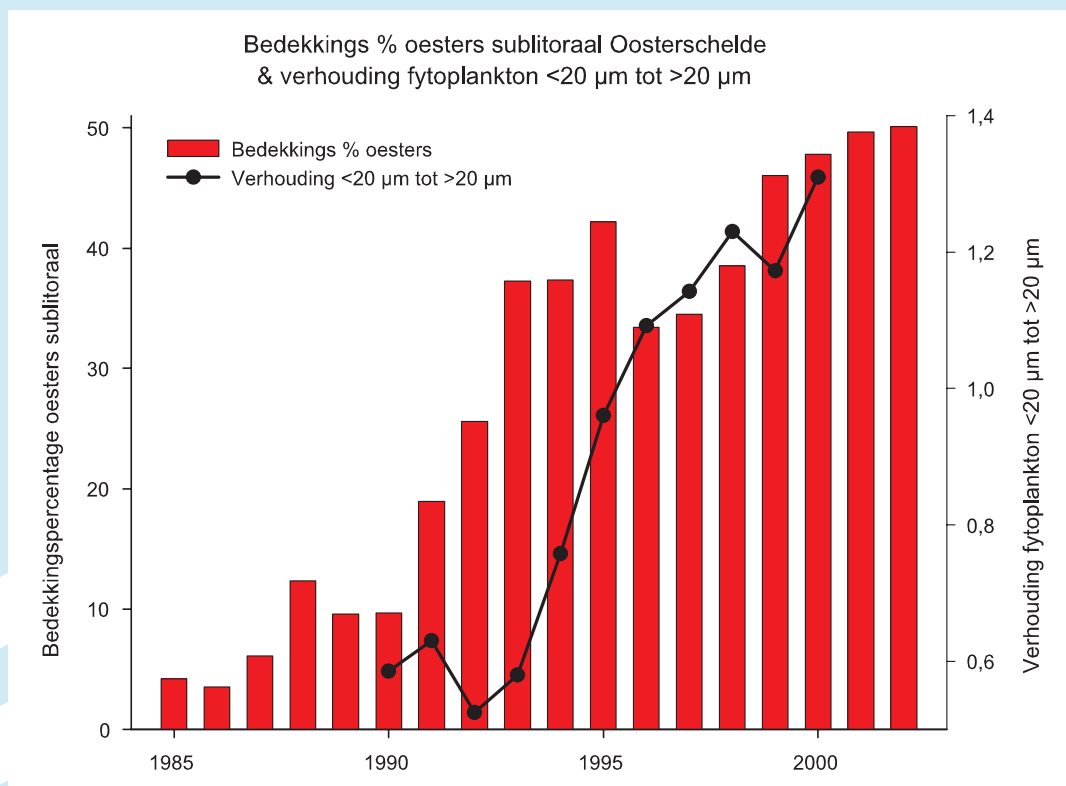
(*Ensis americanus*), muiltjes (*Crepidula formicata*), zakpijpen, e.d. anderzijds een rol spelen in de uiteindelijke voedselsituatie. Echter, doordat de hoeveelheden mosselen, kokkels en oesters in het systeem verhoudingsgewijs erg groot zijn ten opzichte van deze andere grazers, zou naar verwachting slechts een kleine bijstelling van het totaalbeeld optreden bij aanvullende informatie over deze voedselconcurrenten.

#### 7.4 EFFECT VAN EEN INTENSIEVERE SCHELPIEDIERGRAAS OP DE FYTOPLANKTON SOORTSAMENSTELLING

Uit de voorgaande paragrafen is duidelijk geworden hoe het aandeel in de totale filtratie door Japanse oesters ten opzichte van de kokkels en mosselen is toegenomen, en hoe de filtratietijd van alle schelpdieren tezamen is afgenomen in de verschillende deelgebieden van de

Oosterschelde. De combinatie van filtratietijd, fytoplankton turn-over en verblijftijd maakt de Noordtak en de Kom tot de gebieden waar de graasdruk op het aanwezige fytoplankton in de huidige situatie het grootst lijkt te zijn.

De Japanse oester heeft zich tussen 1989 en 1994 op een explosieve wijze uitgebreid in de Oosterschelde (Hoofdstuk 4, Figuren 4.4 & 4.5). Tevens is er halverwege de jaren '90 een verandering in de groottesamenstelling van het fytoplankton in de Oosterschelde opgetreden, waarbij er relatief steeds meer kleine en minder grote fytoplanktonsoorten aangetroffen worden (Figuur 6.4). De verschuiving in fytoplanktonsamenvatting is het sterkst in de Noordtak en de Kom. Combinatie van de gegevens over de verhouding fytoplankton  $<20\ \mu\text{m}$  tot  $>20\ \mu\text{m}$  en de het bedekkingspercentage sublitoraal hardsubstraat met oesters, geeft Figuur 7.9.



Figuur 7.9 Verhouding fytoplankton  $<20\ \mu\text{m}$  tot  $>20\ \mu\text{m}$  (zwarte lijn) en het bedekkingspercentage met Japanse oesters (gegevens AquaSense) gemiddeld voor de gehele Oosterschelde ( $r^2 = 0,71$ ,  $p < 0,01$ ).

Doordat Japanse oesters vastgehecht zitten aan de ondergrond terwijl het plankton in de waterfase met het getij heen en weer stroomt, zijn koppelingen op kleinere schaal lastig te leggen. Om deze reden is voor beide variabelen per jaar een gemiddelde voor de gehele Oosterschelde weergegeven.

Figuur 7.9 laat zien dat de verandering in de groottesamenstelling van het fytoplankton die rond 1995 optreedt voorafgegaan wordt door de toename van de Japanse oester in de periode 1989 t/m 1994. Op basis van Figuur 7.9 lijkt een verband tussen deze twee ontwikkelingen mogelijk. Er zijn verschillende routes waarmee oesters de planktonsamenstelling kunnen beïnvloeden.

Ten eerste is het mogelijk dat oesters in kwalitatieve zin selecteren op grootte van het fytoplankton. Van oesters is bekend dat zij in staat zijn met hun kieuwen bepaalde partikels te selecteren, waarbij ze op deeltjesgrootte kunnen filtreren. Indien de oesters een preferentie hebben voor relatief grote fytoplanktonsoorten, kan dit een verklaring zijn voor de absolute afname van dinoflagelaten en diatomeeën (Figuren 6.5a & c) en toename van kleine algen (<20 µm, Cryptophyceae) in de groep 'overige soorten' (Figuur 6.5e).

Een tweede mogelijkheid is dat de toegenomen filtratie heeft geleid tot een verschuiving in planktonsamenstelling. Doordat kleine fytoplanktonsoorten in het algemeen sneller groeien dan grote, kan een toenemende graasdruk leiden tot een verschuiving in de verhouding kleine - grote soorten.

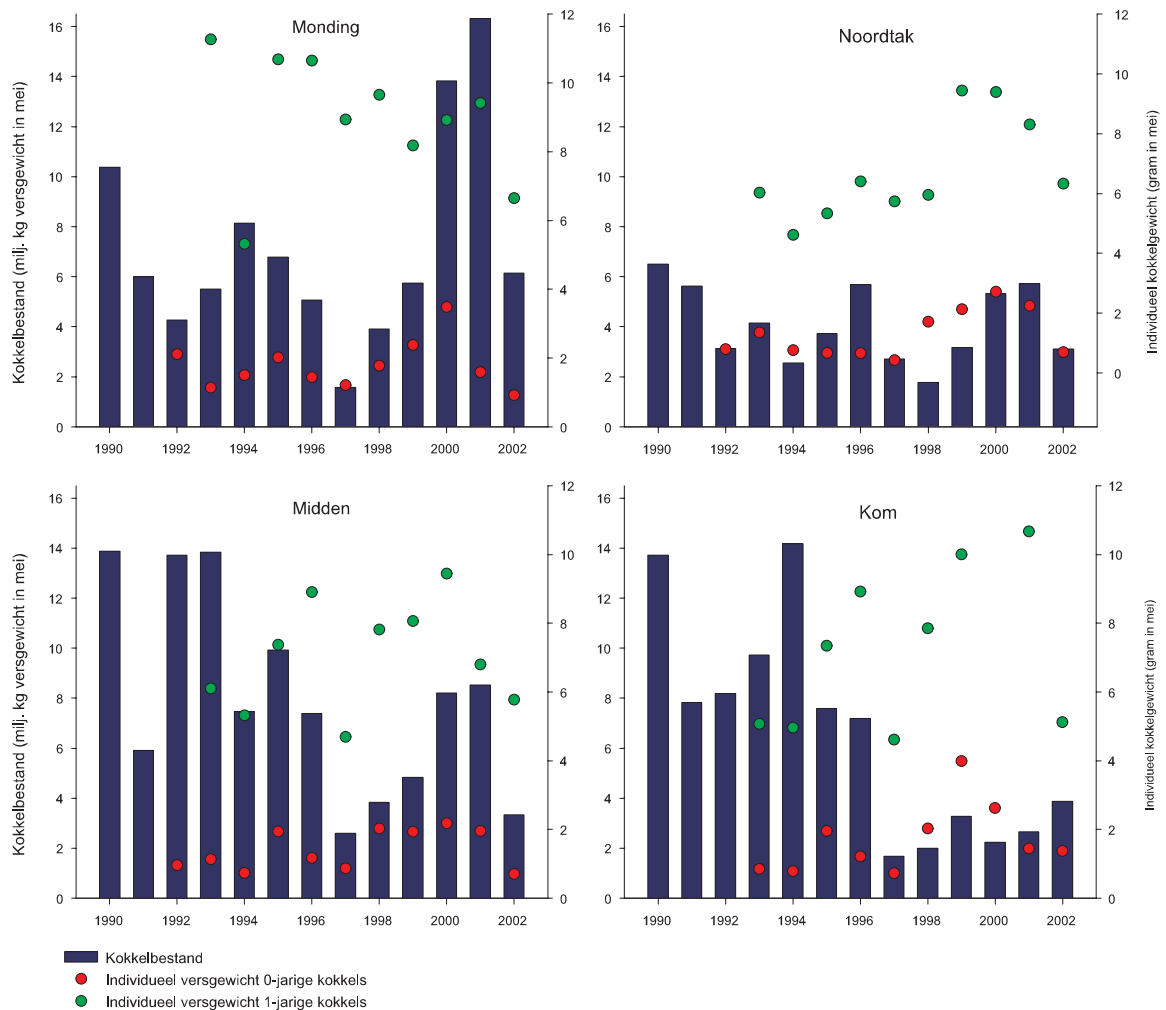
Tenslotte is het ook mogelijk dat Japanse oesters het zoöplankton begrazen. Dit dierlijke plankton graast op hetzelfde fytoplankton als schelpdieren. In het geval dat oesters op grote schaal copepoden (grotere zoöplanktonsoort) zouden affiltreren, zou juist verwacht kunnen worden dat er een toename van grotere fytoplanktonsoorten te zien is als gevolg van afnemende copepodebegraving van de grotere algensoorten. Deze mogelijkheid lijkt daarom minder waarschijnlijk. Predatie van oesters op het microzoöplankton zou plaats kunnen vinden, maar deze groep groeit zeer snel (1 dag) waardoor het effect waarschijnlijk beperkt zou zijn.

Samenvattend kan worden gesteld dat de opeenvolging van de explosieve uitbreiding van de Japanse oester in de Oosterschelde (1989 t/m 1994) en de verandering in groottesamenstelling van het fytoplankton (1994) opmerkelijk is. Mogelijk is er een verband tussen beide ontwikkelingen, waarbij de beïnvloeding van de fytoplanktonsamenstelling door oesters via verschillende processen kan optreden. Gezien de vele interacties binnen het plankton, is hier echter geen uitsluitel over te geven. Het feit dat de verschuiving in fytoplankton grootteverhouding het sterkst is in de Noordtak en de Kom, sluit aan bij het beeld uit Paragraaf 7.3. Namelijk dat de combinatie tussen filtratietijd, fytoplankton turn-over en verblijftijd deze twee deelgebieden tot de gebieden met de hoogste graasdruk door schelpdieren maakt, en dus ook tot de deelgebieden waar het eerst effecten op zullen treden.

#### 7.5 EFFECT VAN EEN VERANDERDE FYTOPLANKTON SOORTSAMENSTELLING EN AFGENOMEN PRIMAIRE PRODUCTIE OP DE GROEI VAN KOKKELS

De grootteverschuiving in het fytoplankton kan een verandering in het voedselaanbod voor kokkels betekenen. Omdat weinig bekend is over de range van deeltjesgroottes die kokkels en oesters van verschillende omvang kunnen filtreren, zijn er grote onzekerheden met betrekking tot het effect van een veranderende fytoplanktonsamenstelling op kokkels in verschillende jaar-klassen.

Sinds 1991 zijn diverse malen per jaar door het RIVO 18 uitgezette plots in de Oosterschelde bezocht om de groei van kokkels te monitoren (Bijlage 10). Om meer inzicht te krijgen in factoren die de variatie in kokkelgroei en -gewicht op deze locaties kunnen verklaren, is een model gemaakt waarbij de watertemperatuur, het begingewicht van de nuljarigen en eenjarigen, de primaire productie en de verhouding tussen fytoplankton soortgroepen <20 µm en >20 µm als verklarende variabelen zijn meegenomen. Uit deze analyse komt naar voren dat met name de maximale watertemperatuur een effect heeft op het gewicht en de groei van nul- en eenjarige kokkels (resp.  $n=22$ ,  $p=0,003$ ;  $n=26$ ,  $p<0,01$ ). Verder blijkt het begingewicht van nuljarige kokkels in grote mate het gewicht van de kokkels als eenjarige te bepalen en het gewicht van de eenjarige kokkels is vervolgens



Figuur 7.10 Kokkelbestand en individueel kokkelgewicht van 0 en 1-jarigen per deelgebied per jaar.

weer bepalend voor het gewicht dat de tweejarige kokkels bereiken (resp.  $n=22$ ,  $p=0,03$ ;  $n=24$ ,  $p<0,01$ ).

Wat de invloed van de voedselsituatie op kokkels betreft komt er geen eenduidig beeld uit de analyses naar voren.

In Figuur 7.10 is zowel het totale kokkelbestand per deelgebied (in miljoenen kg versgewicht in mei) als het individuele kokkelgewicht van 0 en 1-jarigen (in gram in november) per jaar uitgezet.

Figuur 7.10 laat zien dat er een grote jaar-op-jaar variatie bestaat in zowel het totale kokkelbestand als de individuele gewichten van 0 en 1-jarigen. Alleen in het Middengebied en de Kom is het totale kokkelbestand gedurende de jaren '90 significant afgenomen. Om de deelgebieden onderling te kunnen vergelijken zijn de individuele kokkelgewichten gemiddeld per jaar weergegeven in Tabel 7.1.

Tabel 7.1 Gemiddelde individuele kokkelgewichten (g) per jaar-klasse per deelgebied over de periode 1992 t/m 2002.

	Mending	Kom	Midden	Noordtak
0-jarigen	1.8	1.7	1.4	1.3
1-jarigen	8.9	7.8	7.0	6.8
2-jarigen	14	13	10	10
3-jarigen	17	14	12	13

De Monding heeft gemiddeld de hoogste individuele kokkelgewichten in de beschouwde periode, gevolgd door de Kom. De laagste individuele kokkelgewichten worden gevonden in de Noordtak en het Middengebied.

### Hypothese Noordtak

Van alle deelgebieden heeft de Noordtak gedurende negentiger jaren het laagste totale kokkelbestand gekend. Dit wordt grotendeels veroorzaakt doordat dit deelgebied na de aanleg van de Oosterscheldewerken niet zo'n geschikt gebied meer is voor kokkels (zie Habitatkaart 1994 en 2001, Kaarten 3.3 en 3.5). Er zijn gedurende de jaren '90 wel fluctuaties in het totaalbestand van jaar tot jaar maar geen significante afname van het kokkelbestand. De individuele kokkelgewichten laten voor alle jaarklassen de laagste waarden zien in de Noordtak. Naast de beperkte omvang van het totale kokkelbestand blijkt in dit deelgebied dus ook de groei achter te blijven bij de andere deelgebieden.

Voor de Noordtak is de impressie dat er sprake is van voedsellimitering van de in dit deelgebied groeiende schelpdieren. Deze impressie wordt ingegeven door de beperkte uitbreiding van de totale schelpdierbiomassa tussen 1990 en 2000 (Figuur 7.5), door het feit dat hier gedurende de jaren '90 de laagste individuele kokkelgewichten worden aangetroffen en door de vergelijking van filtratietijd, fytoplankton turn-over en verblijftijd van het water (Figuur 7.8). In deze analyse is de hangcultuur van mosselen in de Noordtak niet meegenomen. Opvallend is dat, ondanks de voedselsituatie, de hangcultuur het goed doet in de Noordtak van de Oosterschelde. Mogelijk is beperkte beschikbaarheid van het fytoplankton voor de kokkels als gevolg van de sterk afgenomen hydrodynamiek (lage stroomsnelheden) na de voltooiing van de Oosterscheldewerken verklarend voor de achterblijvende kokkelgroei.

### Hypothese Kom

In de Kom is het kokkelbestand na 1996 drastisch ingekrompen (Figuur 7.10). De afname van het kokkelbestand in dit deelgebied gedurende de jaren '90 is significant. De individuele kokkelgewichten in de Kom zijn hoog terwijl het bestand halverwege de jaren 90 (veel)

kleiner geworden is. Naast fytoplankton kan opgewerveld microfytobenthos een alternatieve voedselbron vormen voor schelpdieren. Door de beperkte diepte (4 m) in de Kom kan er veel licht doordringen tot op de bodem, waardoor het aandeel van deze alternatieve voedselbron voor de aanwezige kokkels in dit deelgebied wel eens behoorlijk groot zou kunnen zijn. De totale schelpdierbiomassa is tussen 1990 en 2000 flink toegenomen met 38%, hetgeen bevestigt dat groei in de afgelopen periode in ieder geval nog niet gelimiteerd was.

De reden voor het ineenstorten van het kokkelbestand na 1996 is waarschijnlijk een combinatie van factoren. In de strenge winters van 1995/1996 en 1996/1997 is door kruierend ijs in het ondiepe komgebied het bestand waarschijnlijk sterk verkleind. De intensieve bevissing in de Kom in de periode tot 1996 heeft de kokkelbiomassa's in de hoger gelegen delen van het getijdengebied tevens afgetopt (Hoofdstuk 5). Door de sprongsgewijze uitbreiding van de Japanse oester in dit deelgebied is de predatie van kokkellarven door oesters na 1996 vermoedelijk sterk toegenomen, waardoor succesvolle vestiging van nieuwe kokkels uitbleef. Als Japanse oesters kokkellarven kunnen filtreren is de kans dat dit gebeurt het grootst in de Kom, gezien het geringe watervolume en de lange verblijftijd. Hoewel het beeld bestaat dat Japanse oesters hun graas kunnen reguleren en selectief op kokkel- en mossel-larven kunnen prederen waardoor kannibalisme (predatie van eigen larven) zo veel mogelijk wordt voorkomen, is hierover nog maar weinig bekend. Momenteel wordt hiernaar nader onderzoek verricht.

De uitbreiding van de Japanse oester in de Kom lijkt verder gefaciliteerd te zijn door de verlaging van grote delen intergetijdengebied door het erosieproces. De droogvalduur is hierdoor aanzienlijk afgenomen en het habitat is voor oesters geschikter en voor kokkels ongeschikter geworden (Hoofdstuk 3, Hoofdstuk 4). De plots waarop de kokkelgroei wordt gevolgd liggen hoog in het getijdengebied. Bij deze hoge droogvalduur liggen de kokkels in de relatief zeer kleine niche die nog niet bezet is door de Japanse oesters en die door de morfologische ontwikkelingen ook steeds kleiner wordt. De prognose voor kokkels in de Kom is slecht, verwacht wordt dat deze soort vrijwel geheel uit dit deelgebied zal verdwijnen.



## 7.6 CONCLUSIES

In dit hoofdstuk is een eerste aanzet gedaan tot het in kaart brengen van mogelijke voedselconcurrentie van kokkels met andere schelpdieren in de Oosterschelde. Doordat er veel onzekerheden zijn m.b.t. de gepresenteerde resultaten dienen de onderstaande beschrijvingen per deelgebied als indicatief te worden beschouwd.

### Monding

In de Monding is de biomassa in tien jaar tijd met 25% toegenomen. De biomassa van oesters op basis van asvrijdrooggewicht is verviervoudigd, terwijl de kokkelbiomassa anderhalf keer zo groot is geworden. De mosselbiomassa is gedaald, maar deze wordt bepaald door de biomassa aan mosselen die door mosselkwekers op de percelen wordt aangevoerd. Het Mondingsgebied is het enige deelgebied waarin de biomassa van kokkels tussen begin jaren negentig en rond 2000 is toegenomen. Deze toename houdt verband met de sluiting van de Oosterschelde voor de kokkelvisserij in de jaren 1997, 1998, 1999 en 2000, waardoor het kokkelbestand heeft kunnen herstellen van de bevinging gedurende de eerste helft van de jaren '90. In het Mondingsgebied hadden de schelpdieren rond 1990 ongeveer 15 dagen nodig om de inhoud van het deelgebied te filtreren, waarbij het grootste aandeel van de filtratie op het conto van de mosselen kwam. Rond 2000 is deze filtratietijd teruggelopen tot ongeveer 10 dagen, en wordt de helft hiervan toegeschreven aan oesters. Er zijn geen aanwijzingen dat er in de Monding onvoldoende fytoplankton wordt geproduceerd om aan de vraag van de schelpdieren te kunnen voldoen. Het verloop van de gewichten van nuljarige kokkels en éénjarige kokkels vertoont in het Mondingsgebied variatie door de jaren heen. De kokkels uit dit gebied zijn in alle leeftijdsklasse het zwaarste van de vier beschouwde deelgebieden. Het Mondingsgebied lijkt een van de betere kokkelgebieden in de Oosterschelde te zijn.

### Midden

In het Middengebied is de biomassa in tien jaar tijd nauwelijks toegenomen. Wel zijn er verschuivingen opgetreden. De biomassa van oesters op basis van

asvrijdrooggewicht is verdrievoudigd, terwijl de kokkelbiomassa is gehalveerd. De mosselbiomassa is enigszins afgenomen maar wordt vooral door de toevoer van mosselen door mosselkwekers bepaald. Als gevolg van de verschuiving is in het Middengebied de filtratie enigszins toegenomen. Rond 1990 werd het grootste deel van de filtratie nog aan mosselen toegeschreven, rond 2000 was dit verschoven naar oesters. De tijd die de schelpdieren nodig hebben om het water in dit deelgebied te filtreren is in tien jaar tijd gedaald van 9 naar 7½ dag. Er zijn geen aanwijzingen dat er in het Middengebied onvoldoende fytoplankton wordt geproduceerd om aan de vraag van de schelpdieren te kunnen voldoen. De individuele kokkelgewichten van nul- en éénjarige kokkels in het Middengebied verschillen van jaar tot jaar. De gewichten van de kokkels in dit deelgebied zijn wel lager dan in de Monding en de Kom, en ongeveer gelijk aan de gewichten in de Noordtak.

### Noordtak

In de Noordtak is in tien jaar de biomassa van schelpdieren in asvrijdrooggewicht zeer beperkt toegenomen. De biomassa van oesters is licht gestegen, van mosselen (bepaald door mosselkwekers) en kokkels licht gedaald. Omdat er in 10 jaar tijd nauwelijks uitbreiding van de totale schelpdierbiomassa heeft plaatsgevonden en de filtratietijden zowel in 1990 als in 2000 zeer dicht bij de turn-over tijd van het fytoplankton liggen, lijkt er in de Noordtak al langere tijd sprake te zijn van een voedselgelimiteerde situatie. Mogelijk is de verminderde beschikbaarheid van het fytoplankton voor de kokkels als gevolg van de sterk afgenomen hydrodynamiek na de voltooiing van de Oosterscheldewerken de verklaring voor de achterblijvende kokkelgroei.

### Kom

In dit gebied is in tien jaar de biomassa van schelpdieren in asvrijdrooggewicht met een kwart toegenomen. De biomassa van oesters is verviervoudigd, terwijl van het kokkelbestand nog een derde over is. De schelpdierbiomassa in dit deelgebied wordt rond 2000 bijna volledig bepaald door oesters. In het komgebied worden geen mosselen op percelen gekweekt. Vanwege de sterke fluctuaties in de hoeveelheid mosselen die zich op de

verwaterplaatsen bevinden, zijn deze niet in de analyse meegenomen. Begin jaren negentig duurde het ongeveer 9 dagen voordat al het water in dit deelgebied een keer gefiltreerd was. Rond 2000 ging dit door de biomassa-toename sneller, en waren slechts 5 dagen nodig. Het lijkt erop dat in het voorjaar in dit gebied niet voldoende voedsel voor alle schelpdieren aanwezig is. Het verloop van de gewichten van nuljarige kokkels vertoont in het komgebied geen variatie door de jaren heen, van de éénjarige kokkels wel. De gewichten van de kokkels in dit deelgebied zijn hoger dan in het Middengebied en Noordtak en ongeveer gelijk aan de gewichten in de Monding. Het totale bestand is echter na 1996 sterk afgenomen. Waarschijnlijk ligt de oorzaak hiervoor in twee strenge winters in combinatie met een intensieve bevissing waarna de Japanse oester na zijn sprongsgewijze voorbereiding de kokkellarven uit het water filtreert zodat nieuwe vestiging achterblijft.

## 7.7 DISCUSSIE

De in dit hoofdstuk gepresenteerde resultaten bevatten veel onzekerheden. De omrekening van bedekte oppervlaktes naar biomassa's en de berekening van de filtratietijd gaan gepaard met grote onzekerheden. Met name de tijd die aangehouden wordt dat de afzonderlijke schelpdiersoorten per etmaal filtreren heeft een grote invloed op de uitkomst. Het ontbreken van gegevens over andere fytoplankton begrazers zoals het zoöplankton, tunicaten, zakpijpen en schelpdieren als de Amerikaanse zwaardschede en het muiltje, die tevens in grote aantallen voorkomen, vertekenen het beeld. Desondanks zijn de gepresenteerde resultaten op dit moment, op basis van de beschikbare gegevens de best mogelijke ruwe inschatting.

## 8. INTEGRATIE

In de voorgaande hoofdstukken zijn processen en ontwikkelingen besproken die van invloed zijn op de draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels. In dit integraatdeel worden de dwarsverbanden tussen de verschillende onderdelen aangegeven en wordt teruggekoppeld naar de onderzoeksvragen. Met de opgedane kennis zal het verloop van het kokkelbestand en de scholekster aantallen per deelgebied van de Oosterschelde voor de periode 1990 – 2002 toegelicht worden. Vervolgens wordt de verwachting voor de komende tijd per deelgebied gegeven.

De centrale vraag waar in dit rapport antwoord op gegeven moet worden is: ‘Wat zijn de belangrijkste ontwikkelingen die van invloed zijn op de draagkracht ontwikkeling van de Oosterschelde voor kokkels?’ (Onderzoeksplan EVA II, Ens et al., 2000). In Hoofdstukken 2 t/m 7 zijn deze ontwikkelingen behandeld, de belangrijkste conclusies uit de verschillende hoofdstukken staan hieronder per onderzoeksvraag gegroepeerd.

### 1 ‘WAT IS HET EFFECT VAN VERANDERINGEN IN GEOMORFOLOGIE EN HYDRODYNAMIEK DOOR DE DELTAWERKEN OP DE ONTWIKKELING VAN HET KOKKELBESTAND IN DE OOSTERSCHELDE?’

Door de aanleg van de Deltawerken zijn er veranderingen opgetreden in de abiotische omgeving van de Oosterschelde. Met behulp van het kokkelhabitatmodel is als korte termijn effect van de aanleg van de Deltawerken een verschuiving van het meest geschikte kokkelhabitat van de Noordtak en de Kom naar het Middengebied van de Oosterschelde gesimuleerd. Deze verschuiving is bij de uitkomsten van het habitatmodel ingegeven door lagere stroomsnelheden en een verandering van de getijslag in de nieuwe situatie. Als lange termijn effect van de aanleg van de Deltawerken zal het verdwijnen van sediment van de platen en slikken in de Oosterschelde de belangrijkste bepalende factor voor de draagkracht van het systeem voor kokkels zijn. Door dit erosieproces verlagen de platen en slikken waardoor de droogvalduur van het intergetijdengebied afneemt. De afname van droogvalduur voltrekt zich (veel) sneller dan de afname van het totale areaal intergetijdengebied, de afname is tot nu toe

het sterkst in de Kom en het Middengebied. Op termijn zal dit proces tot gevolg hebben dat delen van platen en slikken veranderen in ondiepe sublitorale delen tot er uiteindelijk geen getijdengebied meer overblijft. Deze verkorting van de droogvalduur heeft volgens het habitatmodel een negatieve invloed op de geschiktheid van gebieden als kokkelhabitat omdat er een gelijkvormiger intergetijdengebied ontstaat waar het verschil tussen geschikte en minder geschikte gebieden steeds kleiner wordt en de geschiktheid als geheel langzaam afneemt. Uit de vier habitatkaarten die voor de situaties in 1985, 1994, 2001 en 2010 gemaakt zijn is het gemiddelde totale kokkelbestand geschat. Hoewel deze schattingen als indicatief beschouwd dienen te worden (er is geëxtrapoleerd met een model dat niet gevalideerd kon worden) moet rekening gehouden worden met een (gemiddelde) bestandsafname tussen 1985 en 1994 van ongeveer 14%. Tussen 1994 en 2001 is dit ongeveer 6% en tussen 2001 en 2010 wordt een verdere bestandsafname van zo’n 14% voorspeld. Tussen 1983 en 2010 zal het gemiddelde totale kokkelbestand naar verwachting met meer dan 30% zijn afgenomen ten gevolge van de autonome ontwikkeling van de Oosterschelde. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat er in het habitatmodel geen rekening wordt gehouden met mogelijke aanpassingen van de kokkelpopulatie aan de nieuwe omstandigheden.

- **Het korte termijn effect van de aanleg van de Oosterscheldewerken** lijkt een relatieve verschuiving van het voor kokkels geschikte habitat uit de Noordtak en de Kom naar het Midden te zijn geweest. Sturende factoren hiervoor waren de abrupt afgenomen stroomsnelheden en de verkleinde getijslag.
- **Het lange termijn effect van de aanleg van de Oosterscheldewerken** lijkt het verdwijnen van het onderscheid tussen geschikte en minder geschikte kokkelgebieden en afname van de totale habitatgeschiktheid voor kokkels te zijn. Dit proces wordt gestuurd door het gelijkvormiger worden van het intergetijdengebied qua droogvalduur ten gevolge van erosie van hoger gelegen delen.
- Uit de (ongevalideerde) kokkelhabitatkaarten kan afgeleid worden dat de draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels door de veranderende abiotiek tussen 1983 en 2010 met ongeveer 30% zal afnemen, dat is per jaar gemiddeld zo’n 1 à 2% (indicatief!).

## 2 'WAT IS HET EFFECT VAN DE GEREDUCEERDE ZOETWATERTOEFVOER NAAR DE OOSTERSCHELDE OP DE PRIMAIRE PRODUCTIE VAN HET FYTOPLANKTON?'

Tevens is bij voltooiing van de Deltawerken de toevoer van rivierwater naar de Oosterschelde sterk verminderd, voornamelijk door aanleg van de Philipsdam. Aanvankelijk werd gedacht dat er hierdoor mogelijk nutriëntenlimitatie van het fytoplankton op zou kunnen treden, wat tot een lagere primaire productie zou kunnen leiden met een afnemende groeisnelheid van de kokkels tot gevolg. Van nutriëntenlimitatie blijkt niet of nauwelijks sprake te zijn. Echter, de primaire productie in de Oosterschelde blijkt wel achteruit te zijn gegaan. Deze afname is significant voor de Kom en het Middengebied. Op dit moment wordt er vanuit gegaan dat deze verminderde primaire productie samenhangt met het teruglopende doorzicht in de Oosterschelde. De halvering van het doorzicht in 10 jaar tijd wordt mogelijk veroorzaakt door een toename van de in het water opgeloste stoffen zoals humuszuren die door hogere neerslaghoeveelheden gedurende de jaren '90 van het land afspoelden. Hoewel een oorzakelijk verband nog niet aangetoond is, leveren oude veenlagen die binnen de Oosterschelde door de erosie van slikken bloot komen te liggen waarschijnlijk ook een aandeel. Wat de verhouding in het aandeel van beide bronnen in de mogelijke toelevering van humuszuren is, is onbekend.

- **De afgenomen zoetwatertoevoer door aanleg van de Deltawerken** heeft geen of nauwelijks effect gehad op de primaire productie door het fytoplankton. De primaire productie neemt echter wel af als gevolg van verminderd doorzicht, wat waarschijnlijk samenhangt met een toename van humuszuren door verhoogde neerslaghoeveelheden of door het vrijkomen van veenbanken als gevolg van het erosieproces in de Oosterschelde.

## 3 'IN HOEVERRE CONCURREERT DE JAPANESE OESTER MET KOKKELS OM RUIMTE EN VOEDSEL?'

Na zijn introductie in 1964 heeft de Japanse oester zich gestaag uitgebreid in de Oosterschelde. In de droogvallende delen was in 1980 15 hectare bedekt met Japanse oesters, in 1990 ongeveer 210 hectare, en in 2002 minstens 640 hectare. De bestandsomvang van het sublitorale oesterbestand is minder goed gedocumenteerd,

maar uit sonarbeelden van de Oosterschelde valt af te leiden dat in 2002 ongeveer 700 hectare van de sublitorale delen van de Oosterschelde bedekt was met Japanse oesters. Er zijn twee datasets gebruikt (AquaSense en Stichting Anemoon) om het verloop van de opkomst van de Japanse oester in het sublitoraal van de Oosterschelde te beschrijven, waarbij de explosieve toename in de periode 1989 t/m 1994 als sterkste overeenkomst naar voren komt. In totaal is er dus ongeveer 15 km<sup>2</sup> bedekt met Japanse oesters! Het totale oesterbestand in 2002 wordt geschat op een biomassa van 200 miljoen kg versgewicht (inclusief schelp) of 3 miljoen kg asvrijdrooggewicht. Ter vergelijking: gedurende de jaren 90 was er gemiddeld een versgewicht (inclusief schelp) aan kokkels van 26 miljoen kg, of 1 miljoen kg asvrijdrooggewicht in de Oosterschelde aanwezig. Japanse oesters hebben zich vooral gevestigd in gebieden die volgens het habitatmodel suboptimaal waren voor kokkels, namelijk relatief laag in de getijdezone, bij een korte droogvalduur. Toch is enige concurrentie om ruimte met kokkels aannemelijk, omdat er ook kokkels op minder geschikt gebied voorkomen en de omgeving door het erosieproces ten gunste van de oesters en ten nadele van de kokkels verandert.

Er is een verschuiving in de groottesamenstelling van het fytoplankton geconstateerd, waarbij relatief steeds minder grote en meer kleine fytoplanktonsoorten worden aangetroffen. Er bevindt zich een duidelijk omslagpunt in deze verschuiving rond 1995 en het verschil is het grootst in de Noordtak en in de Kom, waar de uitwisseling met het kustwater gering is en de filtratie door het oesterbestand groot. Doordat de opkomst van de Japanse oester gevolgd wordt door de verschuiving in groottesamenstelling van het fytoplankton lijkt er op de schaal van de gehele Oosterschelde een verband te bestaan tussen deze twee ontwikkelingen. Er zijn echter verschillende mogelijke routes waarmee deze beïnvloeding plaats kan vinden. Naast concurrentie om ruimte beïnvloedt de Japanse oester dus waarschijnlijk ook de voedselsamenstelling en -hoeveelheid voor kokkels. Hoewel vastgesteld is dat de voedselsamenstelling van invloed is op kokkelgroei, blijkt dit sterk afhankelijk te zijn van de jaarklasse (grootte) van de kokkels, waardoor een eenduidig beeld nog ontbreekt. Verder prederen Japanse oesters mogelijk ook op kokkellarven, de kans hierop is het grootst in het Komgebied gezien de lange verblijftijd en het geringe watervolume.

- **Ruimtecompetitie:** de Japanse oester neemt het meest toe op minder geschikt kokkelhabitat, laag in het intergetijdengebied. Enige mate van ruimtecompetitie met kokkels is hierdoor waarschijnlijk, maar concurrentie om de beste plekken voor kokkels (hoger in het intergetijdengebied) vindt nauwelijks plaats. Door erosie van hoger gelegen delen verandert de omgeving echter ten gunste van de Japanse oesters en ten nadele van de kokkels. Hierdoor wordt verwacht dat ruimtecompetitie een steeds belangrijker rol zal gaan spelen.

- **Voedselcompetitie:** Op de schaal van de Oosterschelde lijkt er een verband te bestaan tussen de opkomst van de Japanse oester en verandering van de fytoplankton soort-samenstelling, waarmee de Japanse oester de voedselsamenstelling voor filtreerders lijkt te beïnvloeden. Ook in kwantitatieve zin is de Japanse oester een nieuwe voedselconcurrent. Er zijn aanwijzingen dat er in de Noordtak al langere tijd sprake is van een voedselgelimiteerde situatie en dat de voedselsituatie in de Kom zich gedurende de jaren '90 negatief ontwikkeld heeft. Er kan echter alleen met experimenten aangetoond worden of de toegenomen voedselconcurrentie ook daadwerkelijk nadelige effecten voor kokkels heeft.

- **Predatie van kokkellarven:** de mate waarin predatie van kokkellarven in de Oosterschelde door oesters plaatsvindt is onbekend. De kans op larvenpredatie is het grootst in de Kom gezien het grote aantal oesters, het beperkte watervolume en de lange verblijftijd van het water.

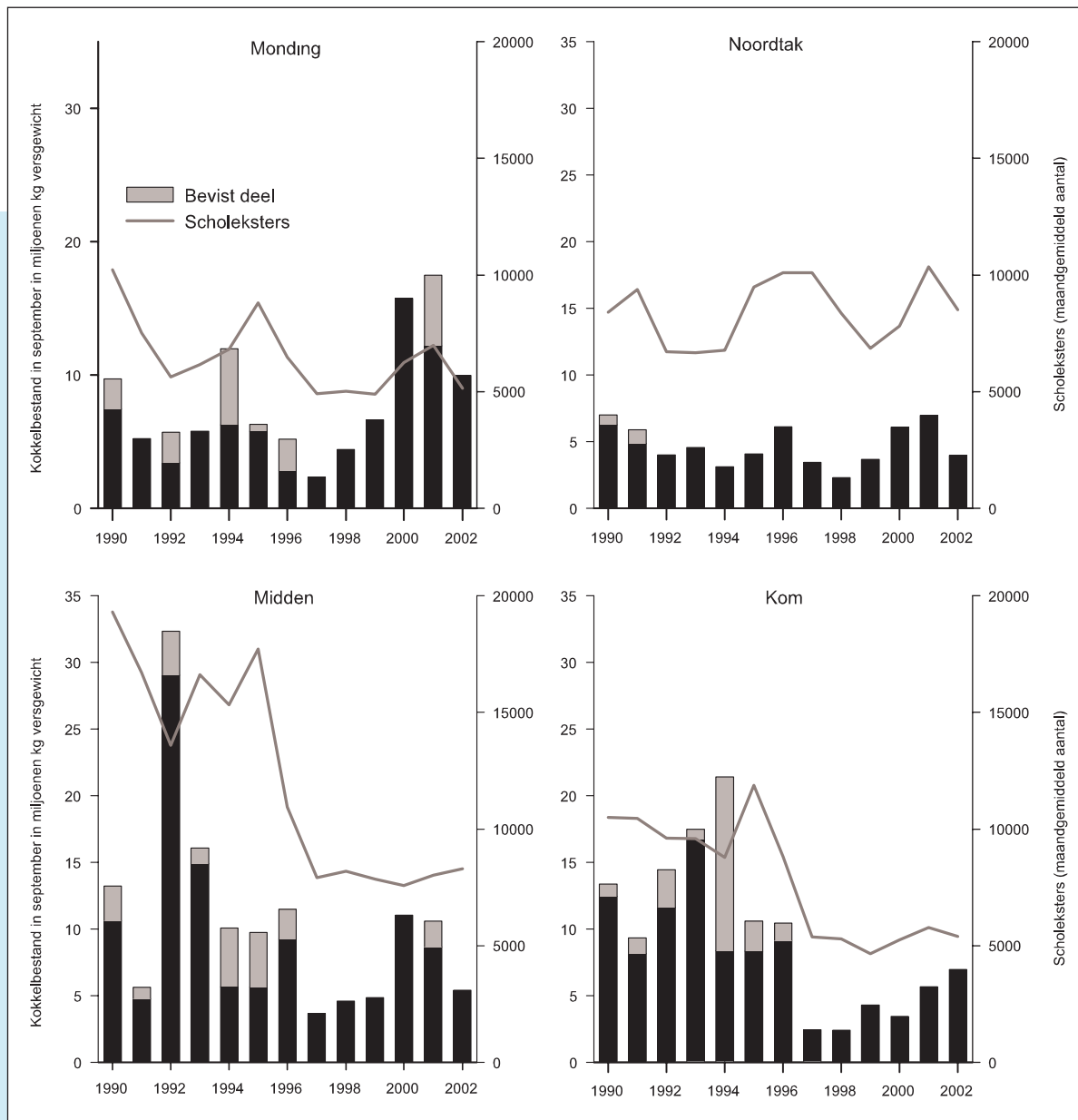
#### 4 'WAT IS DE INVLOED VAN MECHANISCHE KOKKELVISSERIJ OP DE RUIMTELIJKE VERDELING VAN KOKKELBIOMASSA'S IN DE OOSTERSCHELDE?'

Kokkelvisserij vindt al sinds de jaren '70 plaats in de Oosterschelde en richt zich met name op de hoger gelegen delen van platen en slikken met een lange droogvalduur (tussen de 40 en 60% van de tijd), aangezien dit de plaatsen zijn waar zich ook het optimale kokkelhabitat bevindt. Nadat het geschikte kokkelhabitat in de Noordtak en de Kom door aanleg van de Oosterscheldeerwerken naar het Midden- en Mondingsgebied verschoof, zijn de minder geschikte kokkelgebieden gesloten en de meest geschikte gebieden vrijwel altijd open gebleven voor de kokkelvisserij.

Door de bevissing begin jaren '90 zijn de hoge kokkelbiomassa's op de hoger gelegen plaatdelen in de Oosterschelde verlaagd. Hierdoor werden in de jaren na de bevissing de hoogste kokkelbiomassa's met name aangetroffen op de minder beviste, lagere delen van platen en slikken. Doordat scholeksters voor hun voedselvoorziening in belangrijke mate afhankelijk zijn van de kokkels die langere tijd per getij droogvallen, is er in de Oosterschelde in jaren met voedselschaarste de kans op een vrij directe concurrentie tussen scholeksters en vissers om de kokkels die 30 tot 60% van de tijd droogvallen groot. Hier worden normaal gesproken de hoogste kokkelbiomassa's gevonden. De mate waarin er competitie heeft plaatsgevonden wordt beschreven in het rapport 'Draagkracht van de Oosterschelde voor scholeksters' (Rappoldt et al., 2003). De mate waarin het gecombineerde effect van de bevissing in 1994, 1995 en 1996 en de strenge winters 1995/1996 en 1996/1997 een verklaring vormt voor de daling van de scholeksteraantallen in Monding, Midden en Kom wordt eveneens in dit rapport besproken. Figuur 8.1 laat het verloop van het kokkelbestand en de scholeksteraantallen per deelgebied zien. In de Noordtak zijn gedurende de jaren '90 in verhouding tot de aanwezige kokkels veel scholeksters waargenomen. Voor verdere informatie over relatie tussen visserij-inspanning en scholekster-stress wordt eveneens verwezen naar de rapportage 'Draagkracht van de Oosterschelde voor scholeksters' (Rappoldt et al., 2003).

Omdat in de jaren 1997 t/m 2000 de kokkelbestanden door een tweetal strenge winters en bevissing zeer laag waren, mocht in verband met de voedselreservering niet op kokkels gevist worden. Na deze sluiting voor de visserij is de totale kokkelbiomassa voor de gehele Oosterschelde ongeveer weer bijna op het niveau van begin jaren '90 teruggekomen. In gebieden met het beste kokkelhabitat en de kleinste oppervlakte bedekt met Japanse oesters is de toename van kokkelbiomassa het sterkst (Mondingsgebied). Op de Roggenplaat is de visserij-intensiteit de meest (significant) verklarende factor voor de biomassaverandering per m<sup>2</sup> van jaar tot jaar. De verdeling van de hoogste kokkelbiomassa's over het intergetijdengebied van de Oosterschelde is in 2001 weer vergelijkbaar met de situatie in 1985, het totale bestand is echter wel lager.





Figuur 8.1 Verloop van het kokkelbestand (in miljoenen kg versgewicht in september), het beviste deel en het maandgemiddelde aantal scholeksters (van juli over de winter tot juni) per deelgebied van de Oosterschelde. De kokkelgetallen voor september zijn met de 'tussenstand-methode' berekend (Kamermans et al., 2003).

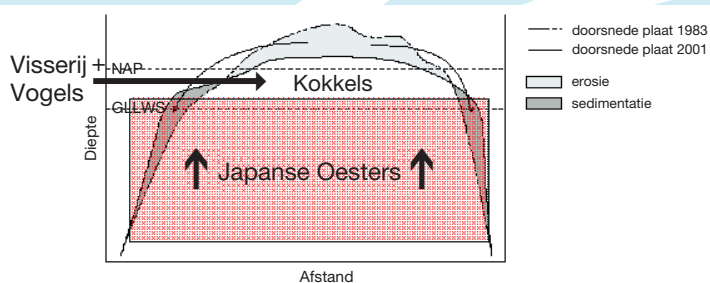
- Kokkelvisserij richt zich in de Oosterschelde met name op de delen van het intergetijdengebied met een droogvalduur tussen de 30 en 60% van de tijd; de hoger gelegen delen van platen en slikken. De mate waarin vissers en scholeksters in dit deel van het intergetijdengebied concurreren om dezelfde kokkels is beschreven in 'Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde' (Rappoldt et al., 2003).
- Mechanische kokkelvisserij blijkt een grote invloed uit te kunnen oefenen op de ruimtelijke verdeling van de hoogste kokkelbiomassa's in de Oosterschelde in één of enkele jaren.
- De (mechanische) kokkelvisserij kan lokaal een negatieve invloed hebben op het kokkelbestand, maar de bestandsontwikkeling wordt ook door andere factoren bepaald (bijvoorbeeld strenge winters, goede broedval).
- Of mechanische kokkelvisserij een versterkend effect heeft op de erosie van platen en slikken in de Oosterschelde en daarmee op de draagkrachtontwikkeling voor kokkels, kan niet uit de in dit rapport gepresenteerde gegevens worden afgeleid. Hiervoor wordt verwezen naar het rapport 'Bodemgesteldheid en mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee', (Zwarts et al., 2003).

### 'WAT ZIJN DE VERWACHTINGEN TEN AANZIEN VAN DE ONTWIKKELING VAN DE DRAAGKRACHT VAN DE OOSTERSCHELDE VOOR KOKKELS IN DE KOMENDE JAREN?'

Gezamenlijk bepalen de voorgenoemde ontwikkelingen in belangrijke mate de huidige en toekomstige draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels. Naar verwachting bevindt deze zich op een lager niveau dan voorheen. De twee benaderingen die in dit rapport zijn gevolgd hebben de belangrijkste ontwikkelingen die van invloed zijn op de ontwikkeling van het kokkelbestand beter inzichtelijk gemaakt. Ten eerste het meenemen van de hoogtezonering waarin processen zich afspelen, en ten tweede het beschouwen van het systeem in vier afzonderlijke deelgebieden naast de Oosterschelde als geheel.

#### Hoogtezonerings

In de Oosterschelde worden kokkels overwegend in het intergetijdengebied gevonden. Tot nu toe heeft de Japanse oester zich overwegend uitgebreid op het door het model aangewezen suboptimale kokkelgebied, het laaggelegen intergetijdengebied, waardoor de kans op concurrentie om ruimte op deze delen groeit. Tegelijkertijd verdwijnt er volgens het habitatmodel geschikt kokkelhabitat in de Oosterschelde door erosie van hooggelegen delen van het intergetijdengebied. Deze erosie komt voort uit een doorwerkingseffect van de aanleg van de Oosterscheldewerken. Als de kokkels zich niet aanpassen kan een gevolg van beide ontwikkelingen zijn dat concurrentie tussen vissers en vogels om de aanwezige kokkels op de steeds dunner wordende strook intergetijdengebied toeneemt. Figuur 8.2 geeft schematisch een weergave van de situatie.

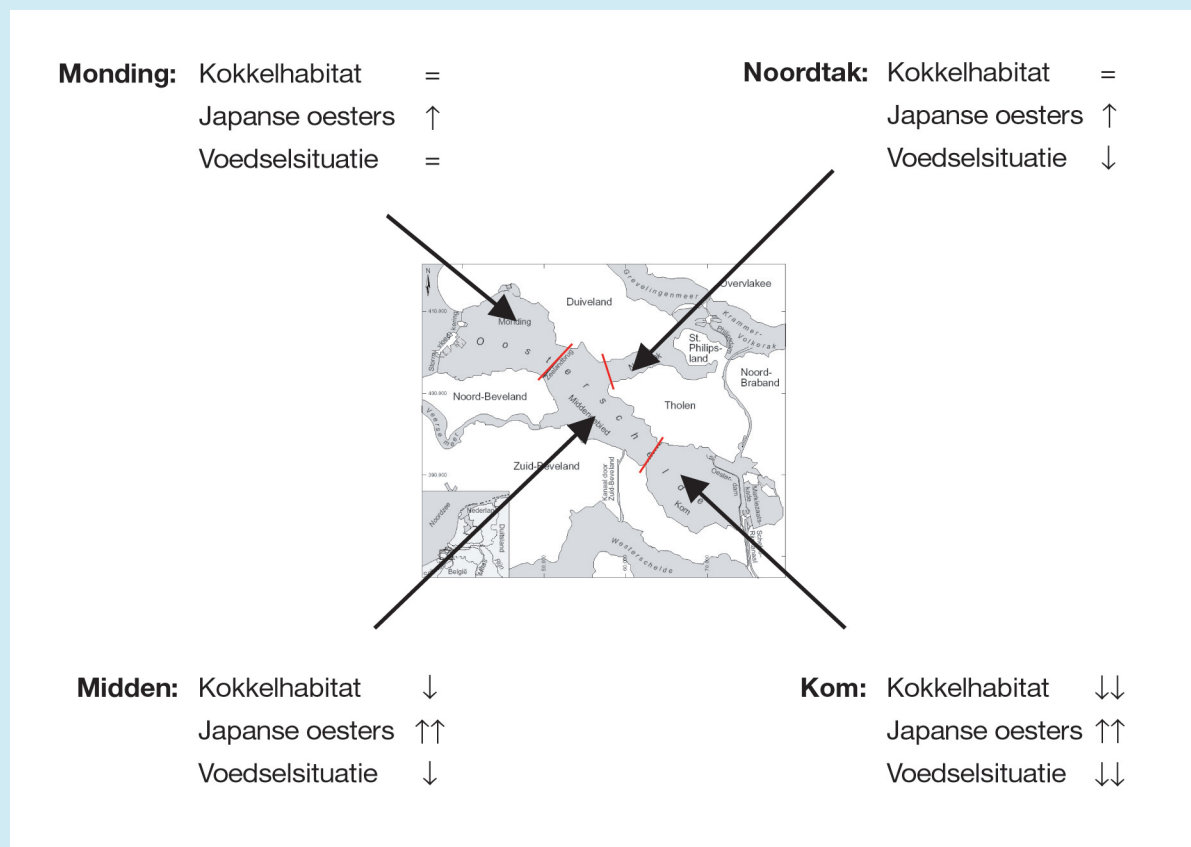


Figuur 8.2 Hoogtezonerings van verschillende processen in de Oosterschelde: plaaterosie, opkomst van de Japanse oester, kokkelvisserij en vogelpredatie.

#### Deelgebiedsbenadering

Naast de zonering in de hoogte heeft het aanhouden van vier deelgebieden (Monding, Midden, Noordtak en Kom) in de onderliggende studies het mogelijk gemaakt om per deelgebied een uitspraak te kunnen doen over de richting waarin de afzonderlijke processen en de draagkracht voor kokkels als geheel zich ontwikkeld heeft. Verwacht wordt dat de Roggenplaat, de Vondelingsplaat en de Slikken van de Dortsman in de komende jaren het langst hun draagkracht voor kokkels zullen behouden. De vooruitzichten voor het Mondingsgebied zijn het beste. Het Middengebied is onderhevig aan vele ontwikkelingen die gelijktijdig hun effect uitoefenen op de kokkelpopulatie waardoor nu nog zeer goede kokkelplekken te vinden zijn in dit deelgebied, maar de verwachting is dat ook hier de situatie op langere termijn zal verslechteren.

De Noordtak heeft binnen de Oosterschelde momenteel de laagste draagkracht voor kokkels, hierin heeft nauwelijks verandering plaatsgevonden gedurende de jaren '90. In de Kom is de geschiktheid voor kokkels gedurende de jaren '90 wel sterk achteruit gegaan, dit proces zal zich naar verwachting voortzetten. Figuur 8.3 geeft de richting van de belangrijkste ontwikkelingen in de verschillende deelgebieden van de Oosterschelde weer. De voedselsituatie in de meest landinwaarts gelegen deelgebieden ontwikkelt zich ongunstig voor de aanwezige schelpdieren omdat de primaire productie afneemt. Tevens lijkt de toegenomen graasdruk van de exotische Japanse oesters een bijkomende factor te zijn waarmee de fytoplankton soortensamenstelling samen lijkt te hangen. De Japanse oester lijkt geprofiteerd te hebben van de nieuw ontstane situatie in de Oosterschelde waarbij langere verblijftijden in met name het Komgebied (snellere opwarming van het water) de broedval van oesters mogelijk gestimuleerd hebben. Bovendien is het areaal gebied dat geschikt is voor oesters toegenomen door erosie van hoger gelegen delen en een toename van het areaal gebied met een lage droogvalduur. De verwachting is dat de ecologische grenzen van het systeem door deze samenloop van omstandigheden sneller bereikt zal worden dan oorspronkelijk verwacht was. Een les die getrokken kan worden uit de ongecontroleerde situatie ten aanzien van de Japanse oester is het betrachten van uiterste voorzichtigheid bij de import van gebiedsvreemd materiaal in de Oosterschelde.



Figuur 8.3: Schema ontwikkeling draagkracht voor kokkels per deelgebied van de Oosterschelde, gedurende de jaren '90.

### Monding

Verwacht wordt dat de Roggenplaat in het Mondingsgebied van de Oosterschelde op relatief lange termijn zijn waarde voor kokkels zal behouden door een combinatie van het tot nu toe geschiktste kokkelhabitat, de gunstige voedselsituatie en de beperkte aanwezigheid van Japanse oesters in het litoraal. De kokkels in het Mondingsgebied hebben het hoogste individuele kokkelgewicht van de Oosterschelde.

### Kom

In de Kom zijn in 2000 in vergelijking met 1990 veel minder kokkels aanwezig en het schelpdierbestand bestaat hier in de huidige situatie vrijwel geheel uit litorale en sublitorale oesters. In de Kom is filtratietijd

tussen 1990 en 2000 met de helft verkort en is de grootste toename van Japanse oesters in de hele Oosterschelde geconstateerd. De filtratietijd begint in de buurt te komen van de turn-over tijd van het fytoplankton in dit deelgebied. Aangezien dit het ondiepste deelgebied is (gemiddeld 4 m) en de verversingsduur beperkt is, zou verwacht kunnen worden dat dit het tweede deelgebied zal zijn waar in potentie voedsellimietatie kan op treden. Tot nu toe is echter nog geen significante verandering van de individuele kokkelgewichten in de Kom geconstateerd. Een mogelijke hypothese is dat dit samenhangt met de beschikbaarheid van een aanvullende voedselbron in dit ondiepe deelgebied in de vorm van ongewerveld microfytobenthos. Ook is de kans op predatie van kokkellarven in dit deelgebied het grootst. Vraag hierbij blijft echter in hoeverre oesters selectief kokkellarven kunnen affiltreren, als kokkellarven gegeten worden, waarom dan ook niet de eigen

oesterlarven? Als de ontwikkelingen in de Kom zich doorzetten is de verwachting dat het Komgebied geheel veroestert en er slechts een zeer beperkte hoeveelheid kokkels aanwezig zal blijven.

#### Noordtak

Er zijn aanwijzingen dat in de Noordtak al in 1990 een voedselgelimiteerde situatie voor de schelpdieren heerste. De totale schelpdierbiomassa in dit deelgebied is tussen 1990 en 2000 nauwelijks toegenomen. De individuele kokkelgewichten in dit deelgebied zijn de laagste in de Oosterschelde. De situatie in de Noordtak is gedurende de jaren '90 weinig veranderd. Mogelijk heeft e.e.a. te maken met de directe verandering in hydrodynamiek bij de aanleg van de Philipsdam waardoor de beschikbaarheid van het aanwezige voedsel voor de schelpdieren in dit deelgebied al direct na 1987 sterk is verminderd. In verhouding tot de aanwezige kokkels bevinden zich veel scholeksters in de Noordtak. Verwacht wordt dat de situatie in de Noordtak wellicht iets zal verslechteren

door afname van het geschikte kokkelhabitat, maar in verhouding tot de veranderingen in de andere deelgebieden zal dit een beperkte afname zijn.

#### Midden

In het Middengebied is gedurende de jaren '90 een afname van de habitatgeschiktheid voor kokkels en een afname van de primaire productie te zien. Ook is het bedekte oppervlak met Japanse oesters fors toegenomen. Aangezien dit deelgebied een veel grotere inhoud en een kortere verversingsduur heeft dan de Kom en de Noordtak, speelt voedsellimitatie hier waarschijnlijk nog geen grote rol. Het Middengebied vormt samen met de Monding het beste kokkelgebied van de Oosterschelde. Als echter in toenemende mate export van voedsel naar de Noordtak en Kom plaatsvindt en de Japanse oester zich blijft uitbreiden in het litoraal en sublitoraal, is het mogelijk dat op termijn het Middengebied een ten opzichte van het Mondingsgebied minder gunstig gebied voor kokkels zal worden.





## 9. CONCLUSIES

### OOSTERSCHELDEWERKEN

- Het korte termijn effect van de aanleg van de Oosterscheldewerken lijkt een relatieve verschuiving van het voor kokkels geschikte habitat uit de Noordtak en de Kom naar het Midden te zijn geweest. Sturende factoren hiervoor waren de abrupt afgenomen stroomsnelheden en de verkleinde getijslag.
- Het lange termijn effect van de aanleg van de Oosterscheldewerken lijkt het verdwijnen van het onderscheid tussen geschikte en minder geschikte kokkelgebieden en afname van de totale habitatgeschiktheid voor kokkels te zijn. Dit proces wordt gestuurd door het gelijkvormiger worden van het intergetijdengebied qua droogvalduur ten gevolge van erosie van hoger gelegen delen.
- Uit de (ongevalideerde) kokkelhabitatkaarten kan afgeleid worden dat de draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels door de veranderende abiotiek tussen 1983 en 2010 met ongeveer 30% zal afnemen, dat is per jaar gemiddeld zo'n 1 à 2% (indicatief!).
- De afgenomen zoetwatertoevoer door aanleg van de Deltawerken heeft geen of nauwelijks effect gehad op de primaire productie door het fytoplankton. De primaire productie neemt echter wel af als gevolg van verminderd doorzicht, wat waarschijnlijk samenhangt met een toename van humuszuren door verhoogde neerslaghoeveelheden of door het vrijkomen van veenbanken als gevolg van het erosieproces in de Oosterschelde.

### JAPANESE OESTER

- Ruimtecompetitie: de Japanse oester neemt het meest toe op minder geschikt kokkelhabitat, laag in het intergetijdengebied. Enige mate van ruimtecompetitie met kokkels is hierdoor waarschijnlijk, maar concurrentie om de beste plekken voor kokkels (hoger in het intergetijdengebied) vindt nauwelijks plaats. Door erosie van hoger gelegen delen verandert de omgeving echter ten gunste van de Japanse oesters en ten nadele van de kokkels. Hierdoor wordt verwacht dat ruimtecompetitie een steeds belangrijker rol zal gaan spelen.

- Voedselcompetitie: Op de schaal van de Oosterschelde lijkt er een verband te bestaan tussen de opkomst van de Japanse oester en verandering van de fytoplankton soortsaamenstelling, waarmee de Japanse oester de voedselsamenstelling voor filtreerders lijkt te beïnvloeden. Ook in kwantitatieve zin is de Japanse oester een nieuwe voedselconcurrent. Er zijn aanwijzingen dat er in de Noordtak al langere tijd sprake is van een voedselgelimiteerde situatie en dat de voedselsituatie in de Kom zich gedurende de jaren '90 negatief ontwikkeld heeft. Er kan echter alleen met experimenten aangetoond worden of de toegenomen voedselconcurrentie ook daadwerkelijk nadelige effecten voor kokkels heeft.
- Predatie van kokkellarven: de mate waarin predatie van kokkellarven in de Oosterschelde door oesters plaatsvindt is onbekend. De kans op larvenpredatie is het grootst in de Kom gezien het grote aantal oesters, het beperkte watervolume en de lange verblijftijd van het water.

### MECHANISCHE KOKKELVISSERIJ

- Kokkelvisserij richt zich in de Oosterschelde met name op de delen van het intergetijdengebied met een droogvalduur tussen de 30 en 60% van de tijd; de hoger gelegen delen van platen en slikken. De mate waarin vissers en scholeksters in dit deel van het intergetijdengebied concurreren om dezelfde kokkels is beschreven in 'Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde' (Rappoldt et al., 2003).
- Mechanische kokkelvisserij blijkt een grote invloed uit te kunnen oefenen op de ruimtelijke verdeling van de hoogste kokkelbiomassa's in de Oosterschelde in één of enkele jaren.
- De (mechanische) kokkelvisserij kan lokaal een negatieve invloed hebben op het kokkelbestand, maar de bestandsontwikkeling wordt ook door andere factoren bepaald (bijvoorbeeld strenge winters, goede broedval).
- Of mechanische kokkelvisserij een versterkend effect heeft op de erosie van platen en slikken in de Oosterschelde en daarmee op de draagkrachtontwikkeling voor kokkels, kan niet uit de in dit rapport gepresenteerde gegevens worden afgeleid. Hiervoor wordt verwezen naar het rapport 'Bodemgesteldheid en mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee', (Zwarts et al., 2003).



## LITERATUUR

### ONDERLIGGENDE RAPPORTEN:

**Hesselink, A.W. (RIKZ) & van D.C. Maldegem (RIKZ), 2003.**

Verandering van de morfologie van de Oosterschelde door aanleg van de Deltawerken, RIKZ/OS/2003.810x.

**Kater, B.J. (RIVO) & J.M.D.D. Baars (RIVO), 2002.**

De invloed van de Oosterschelde werken op de relatie tussen abiotische factoren en biomassa van kokkels. RIVO rapport C055/02.

**Kater, B.J. (RIVO), A.G. Brinkman (Alterra), J.M.D.D. Baars (RIVO) & G. Aarts (Alterra), 2003.**

Kokkelhabitatkaarten voor de Oosterschelde en de Waddenzee. RIVO rapport C060/03.

**Kater, B.J. (RIVO), 2003.**

Ecologisch profiel van de Japanse oester. RIVO rapport C032/03.

**Kater, B.J. (RIVO) & J.M.D.D. Baars (RIVO), 2003.**

Reconstructie van oppervlakten van litorale Japanse oesterbanken in de Oosterschelde in het verleden en een schatting van het huidig oppervlak. RIVO rapport C017/03.

**Wetsteyn, L.M.P.J. (RIKZ), R.N.M. Duin (RIKZ), J.C. Kromkamp (NIOO-CEME), M. Latuhihin (RIKZ), J. Peene (NIOO-CEME), A. Pouwer (RIKZ) & T.C. Prins (RIKZ), 2003.**

Verkenning draagkracht Oosterschelde, onderzoek naar veranderingen en trends in de Oosterschelde in de periode 1990-2000. RIKZ/2003.049.

**Kater, B.J. (RIVO), 2003.**

De voedselsituatie voor kokkels in de Oosterschelde. RIVO rapport C018/03.

### GERAADPLEEGDE LITERATUUR:

**Anonymous, 1986.**

Te verwachten ontwikkelingen in het Oosterscheldebekken na 1987. Themagroep "Uitgangssituatie", Nota GWAO-86.106. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren.

**Bakker, C., P.M.J. Herman & M. Vink, 1994.**

A new trend in the development of the phytoplankton in the Oosterschelde (SW Netherlands) during and after the construction of a storm-surge barrier. *Hydrobiologia* 282/283: 79-100.

**Berchum, A.M. van & G. Wattel, 1996.**

De Oosterschelde, van estuarium naar zeearm. Bekkenrapportage 1991-1996. Rapport RIKZ-97.034, ISBN 90-369-3481-8.

**Berg, J. H., van den, 1986.**

Aspects of sediment and morphodynamics of subtidal deposits of the Oosterschelde, Rijkswaterstaat, Communications 43.

**Bult, T.P., B.J. Ens, R.L.P. Lanter, A.C. Smaal & L. Zwartz, 2000.**

Korte Termijn Advies Voedselreservering Oosterschelde, Samenvattende Rapportage in het Kader van EVA II, RIKZ/2000.042.

**Christensen, D.L., S.R. Carpenter, K.L. Cottingham, S.E. Knight, J.P. Lebouton, D.E. Schindler, N. Voichick, J.J. Cole & M.L. Pace, 1996.**

Pelagic responses to changes in dissolved organic carbon following division of a seepage lake. *Limnology & Oceanography* 41: 553-559.

**Drinkwaard, A.C., 1999.**

Introductions and developments of oysters in the North Sea area: a review. Helgol. Meeresunters. 52: 301-308.

**Ens, B.J., R.L.P. Lanthers, A.C. Smaal, 2000.**

Onderzoeksplan EVA II evaluatie schelpdiervisserij 2e fase. Onderzoeksplan EVA II 2000-2-28.

**Fischer, M.M., 1997.**

Holocene evolution of Zeeland (SW Netherlands), Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, mededelingen 59.

**Gmelig Meyling, A.W. & R.H. de Bruyne, 2003.**

Het Duiken Gebruiken 2, Gegevensanalyse van het Monitoringsproject Onderwater Oever Fauna-onderzoek met sportduikers in Oosterschelde en het Grevelingenmeer, Periode 1978 t/m 2002. ANEMOON rapport 2003.1.

**Kamermans, P., J.J. Kesteloo-Hendrikse, J.M.D.D. Baars, 2003.**

Evaluatie van de geschatte omvang en ligging van kokkelbestanden in de Waddenzee, Ooster- en Westerschelde. RIVO rapport C054/03.

**Kamermans, P., E. Schuiling, J.M.D.D. Baars & M. van Riet, 2003.**

EVA II Deelproject A1: Visserij-inspanning. RIVO Rapport C057/03.

**Kamermans, P., T.P. Bult, B.J. Kater, J.M.D.D. Baars, J. Kesterloo, J. Perdon & E. Schuiling 2003.**

Invloed van natuurlijke factoren en kokkelvisserij op de dynamiek van bestanden aan kokkels (*Cerastoderma edule*) en nonnen (*Macoma balthica*) in de Waddenzee, Ooster- en Westerschelde. RIVO Rapport C058/03.

**Klinge, M., 2001.**

Lange Termijn Onderzoeksprogramma voedselreservering Oosterschelde, Rapport RW1029.1. Witteveen en Bos, Deventer.

**Kluijver, M. de, & M. Dubbeldam, 2003.**

Kluijver de M. & Dubbeldam M. De sublittorale hardsubstraat levensgemeenschap in de oosterschelde. Ontwikkelingen in de periode 1985-2002. AquaSense rapport 1973-2.

**KNMI, 1999.**

De toestand van het klimaat in Nederland 1999: 1-64.

**Koshiek, L.H.M., J.P.M. Mulder, T. Louters & F. Berben, 1987.**

De Oosterschelde; naar een nieuw onderwaterlandschap. Eindrapport Geomor. Nota DGW.AO 87.029. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Middelburg.

**Kristensen, I., 1959.**

Differences in density and growth in a cockle population in the Dutch Wadden Sea. Archs. Neerl. Zool. 12:351-453.

**Laane, R.W.P.M., 1980.**

Conservative behaviour of dissolved organic carbon in the Eems-Dollard estuary and the western Wadden Sea. Netherlands Journal of Sea Research 14: 192-199.

**LNV, 1993.**

Vissen naar evenwicht: Regeringsbeslissing Structuurnota Zee- en Kustvisserij. 1-111. Wageningen, Veeman Drukkers.

**LNV, 1998.**

Structuurnota Zee- en Kustvisserij Evaluatie Kustvisserijbeleid 1993 - 1997. Den Haag, Groningen, Ministerie van LNV.

**LNV, 1999.**

Beleidsbesluit schelpdiervisserij kustwateren 1999-2003.

**Maldegem, D.C. van, 1998.**

Literatuuronderzoek zandhonger Oosterschelde. RIKZ werkdocument RIKZ/AB-98.827x.

**Moorsel, G.W.N.M. van, & H.W. Waardenburg, 1998.**

Biomonitoring van levensgemeenschappen op sublitorale harde substraten in Grevelingenmeerr, Oosterschelde, Veerse Meer en Westerschelde. Resultaten t/m 1998. Rapportnummer 99.11.

**Nienhuis, P.H. & A.C. Smaal, 1994.**

The Oosterschelde estuary, a case-study of a changing ecosystem: an introduction. *Hydrobiologia* 282/283: 1-14.

**Prins, T.C., A.C. Smaal & R.F. Dame, 1998.**

A review of the feedbacks between bivalve grazing and ecosystem processes. *Aquatic Ecology* 31(4):349-359.

**Rappoldt, K., B.J. Ens, C.M. Berrevoets, A.J.M. Geurts van Kessel, T.P. Bult, E. Dijkman, 2003.**

Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde, Rapport voor deelproject D2 thema 1 van EVA II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003. Alterra rapport.

**Schaub, B., T. Ysebaert & H. Hummel, 2003.**

Macrobenthos dynamiek (gekoppeld aan veranderingen in omgevingsvariabelen) - Oosterschelde (periode 1992-2001), NIOO-CEME Rapport 2002. KNAW-NIOO, Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie, Yerseke.

**Shannon, C.E. & W. Weaver, 1949.**

The mathematical theory of communication. Urbana IL. University of Illinois Press.

**Shatkin, G., S.E. Shumway & R. Hawes, 1997.**

Considerations regarding the possible introduction of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) to the Gulf of Maine: A review of global experience. *J. Shellfish Res.* 16(2): 463-477.

**Smaal, A.C. & R.C. Boeije, 1991.**

Veilig getij. De effecten van de waterbouwkundige werken op het getijdemilieu van de Oosterschelde. Nota GWWS 91.088/AX 91.091. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren en Directie Zeeland, Middelburg.

**Vlas, J. de, 2002.**

Scholeksters en voedselreservering. Berekeningen naar aanleiding van de voedselreservering in de vorm van kokkels in de Waddenzee en Oosterschelde gedurende de periode 1993-1998. Rapport RIKZ/2002.04.

**Wetsteyn, L.P.M.J. & C. Bakker, 1991.**

Abiotic characteristics and phytoplankton primary production in relation to a large-scale coastal engineering project in the Oosterschelde (The Netherlands): a preliminary evaluation. In: M. Elliott & J.-P. Ducrottoy (eds). *Estuaries and Coasts: Spatial and Temporal Intercomparisons*. Proceedings of the ECSA 19 Symposium, Caen 1989. Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark: 365-373.

**Wetsteyn, L.P.M.J. & J.C. Kromkamp, 1994.**

Turbidity, nutrients and phytoplankton primary production in the Oosterschelde (The Netherlands) before, during and after a large-scale coastal engineering project (1980-1990). *Hydrobiologia* 282/283: 61-78

**Zwarts, L., W. Dubbeldam, K. Essink, H. van de Heuvel, E. van de Laar, U. Menke, L. Hazelhoff & C.J. Smit, 2003.**

Bodemgesteldheid en mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee. Rapport RIZA/2003.xxx.





## DANKWOORD

Voor de totstandkoming van dit rapport hebben naast de auteurs een groot aantal personen een onmisbare bijdrage geleverd.

Ten eerste gaat dank uit naar de (co-)auteurs van de onderliggende rapporten: Annika Hesselink (RIKZ), Dirk van Maldegem (RIKZ), Bert Wetsteyn (RIKZ) en Divera Baars (RIVO-CSO).

Van de RIKZ medewerkers willen wij verder Kees van de Male, Bram Schouwenaar, Fred Twisk en Bart Willemse bedanken voor het gereed krijgen van de omvangrijke hoeveelheid benodigde GIS informatie over de abiotische omgeving van de Oosterschelde, Ed Stikvoort, Cor Berrevoets, Lilian Withagen, Herman Haas en Dick de Jong voor hun inhoudelijke en redactionele raad & daad en Gillis Wattel en Frits Lefèvre voor de gebruikte waterkwaliteitsgegevens.

Voor het ter beschikking stellen van gegevens over de ontwikkeling van de primaire productie en het meewerken/denken aan de interpretatie van de ontwikkeling van de voedselsituatie in de Oosterschelde willen wij in het bijzonder Jacco Kromkamp (NIOO-CEME) bedanken.

Verder gaat dank uit naar Marco Dubbeldam (AquaSense), Mario de Kluijver (UVA) en Adriaan Gmelig Meyling (Stichting Anemoon) voor het ter beschikking stellen van gegevens over de ontwikkeling van de Japanse oester in het subli-toraal van de Oosterschelde, Herman Hummel (NIOO-CEME) voor het ter beschikking stellen van de sedimentgegevens van de Oosterschelde. Voor de inventieve wijze waarop de sidescansondebeelden van de Oosterschelde na tal van omzwer-vingen naar een bruikbaar digitaal format omgezet zijn was de hulp van Jaap Bolle (MIDZ) onmisbaar. Rob Leeuwis (TPS), Edwin Paree (MIDZ), Ed Stikvoort (RIKZ) en Nathalie Steins (PVIS) hebben het fotografisch materiaal geleverd dat in dit rapport is gebruikt.

Tenslotte willen wij de leden van het EVA II Onderzoeksmanagement Aad Smaal (RIVO-CSO), Jaap de Vlas (RIKZ) en Bruno Ens (Alterra) bedanken voor hun uitgebreide commentaar op eerdere conceptversies van dit rapport.

Joris Geurts van Kessel  
Belinda Kater  
Theo Prins

Middelburg, november 2003



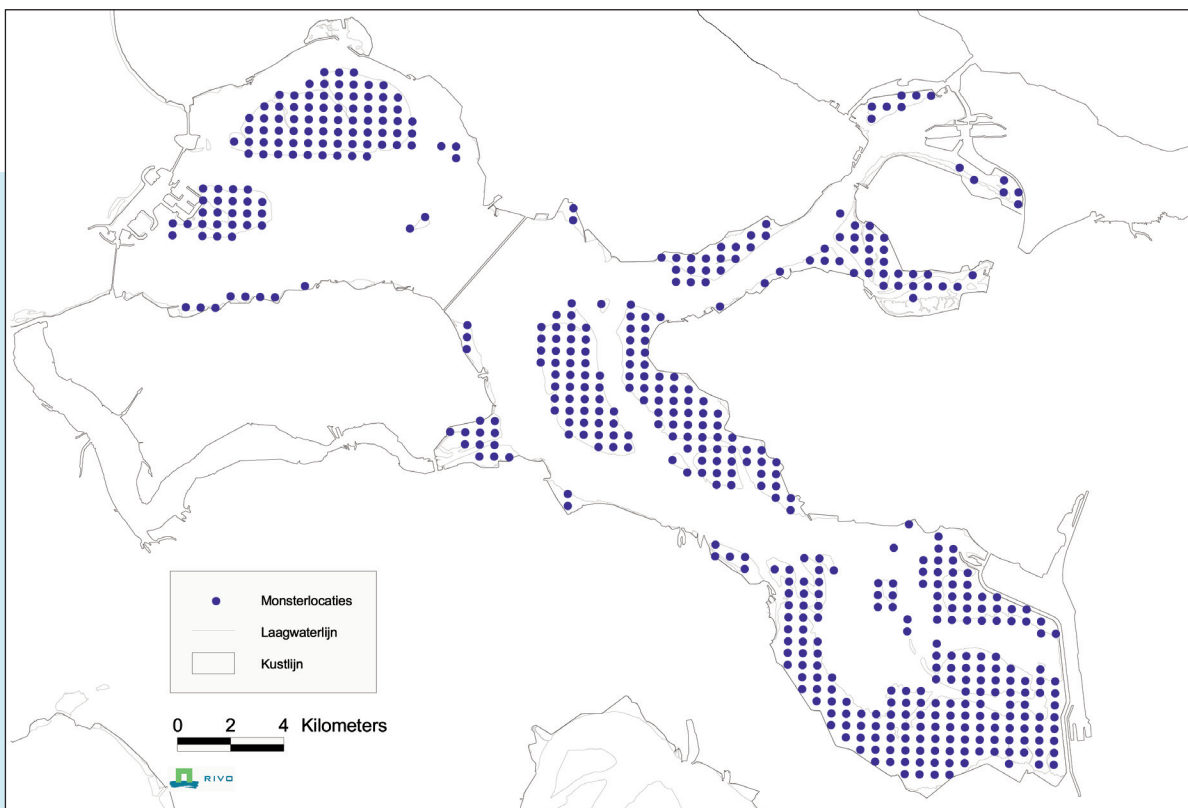
## VERKLARENDE WOORDENLIJST

<b>abiotiek</b>	niet levende omgeving
<b>AFDW</b>	asvrij drooggewicht
<b>algenbloei</b>	bovennormale concentraties van algen
<b>areaal</b>	oppervlakte
<b>benthisch</b>	zich op of in de waterbodem bevindend
<b>biodepositie</b>	neergeslagen organische stof afkomstig van biologische bron
<b>biomassa</b>	gewicht van het levend materiaal
<b>broedval</b>	overgang van schelpdierlarven uit de waterfase naar de bodem
<b>clearance rate</b>	het volume dat een organisme per tijdseenheid doorpompt
<b>compartimentering</b>	afscheiding van delen van het Oosterscheldebekken d.m.v. dammen t.b.v. zoet-zout scheiding en regulering van het getijverschil
<b>debiet</b>	hoeveelheid water die op een bepaald punt per tijdseenheid passeert
<b>draagkracht voor soorten</b>	het maximum aantal individuen van een soort dat in een gebied kan overleven
<b>ecosysteem</b>	systeem van levende organismen en hun omgeving, dat min of meer begrensaar is
<b>filterfeeder</b>	dier dat zijn voedsel uit het water filtert
<b>filtratietijd</b>	het aantal dagen dat alle schelpdieren in een bepaald gebied nodig hebben om de hele waterkolom één keer te filtreren
<b>foerageren</b>	voedsel zoeken
<b>forecast</b>	voorspelling
<b>fotosynthese</b>	productie van organische stof uit kooldioxide en water door middel van chlorofyl (bladgroen) onder invloed van licht door groene planten
<b>fytoplankton</b>	vrij in het water zwevende microscopisch kleine planten
<b>FW</b>	versgewicht
<b>getijvolume</b>	hoeveelheid water die per getij een bepaalde grens passeert
<b>graasdruk</b>	effect van predatie op een soort
<b>habitat</b>	soortspecifieke levensruimte van een plant of dier
<b>hindcast</b>	voorspelling van een situatie terug in de tijd
<b>hydrodynamica</b>	leer van de beweging van vloeistoffen
<b>komberging</b>	hoeveelheid water tussen twee bepaalde niveaus
<b>litoraal</b>	gebied tussen de gemiddelde hoog- en laagwaterlijn
<b>mediaan</b>	middelste van de naar grootte gerangschikte waarnemingen
<b>MIDZ</b>	Meet- en Informatie Dienst Zeeland
<b>morfologie</b>	geometrische structuur van bijvoorbeeld een compartiment
<b>N</b>	stikstof
<b>nutriënten</b>	anorganische voedingsstoffen voor planten
<b>NIOO-CEME</b>	Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek - Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie, gevestigd te Yerseke
<b>P</b>	fosfaat
<b>plaat</b>	bij eb droogvallend, niet aan land grenzend gebied
<b>PO</b>	Producenten Organisatie
<b>PVIS</b>	Productschap Vis
<b>responscurve</b>	geeft de relatie tussen aanwezigheid van een organisme en een omgevingsvariable weer
<b>RIKZ</b>	Rijksinstituut voor Kust en Zee, gevestigd te Middelburg

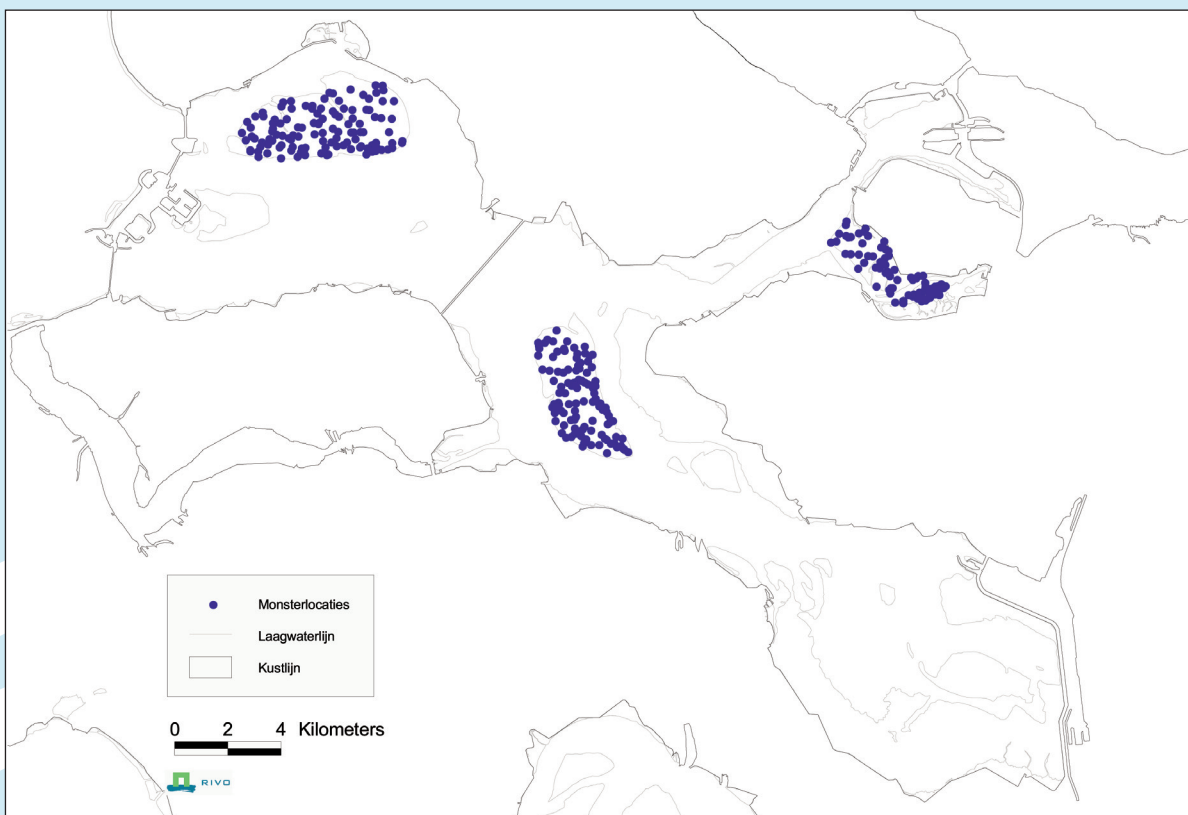
<b>RIVO-CSO</b>	Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek - Centrum voor Schelpdier Onderzoek, gevestigd te Yerseke
<b>Si</b>	silicaat
<b>slikken</b>	bij eb droogvallend en aan land grenzende gebieden
<b>sublitoraal</b>	gebieden beneden gemiddeld laagwater
<b>Suitability Index</b>	maat om de geschiktheid van een omgevingsvariabele voor een organisme uit te drukken
<b>survey</b>	monitoringscampagne
<b>TPS</b>	Thalassia Picture Services
<b>turn-over tijd</b>	de tijd die het fytoplankton in een bepaald gebied nodig heeft om zijn eigen biomassa te regenereren
<b>UVA</b>	Universiteit van Amsterdam
<b>verblijftijd</b>	gemiddelde tijd dat een waterdeeltje in een bepaald gebied aanwezig is
<b>verversingsduur</b>	de gemiddelde tijd die nodig is om het volume water in een bepaald gebied geheel te verversen
<b>voedselweb</b>	het geheel van soorten van een levensgemeenschap met hun onderlinge voedselrelaties



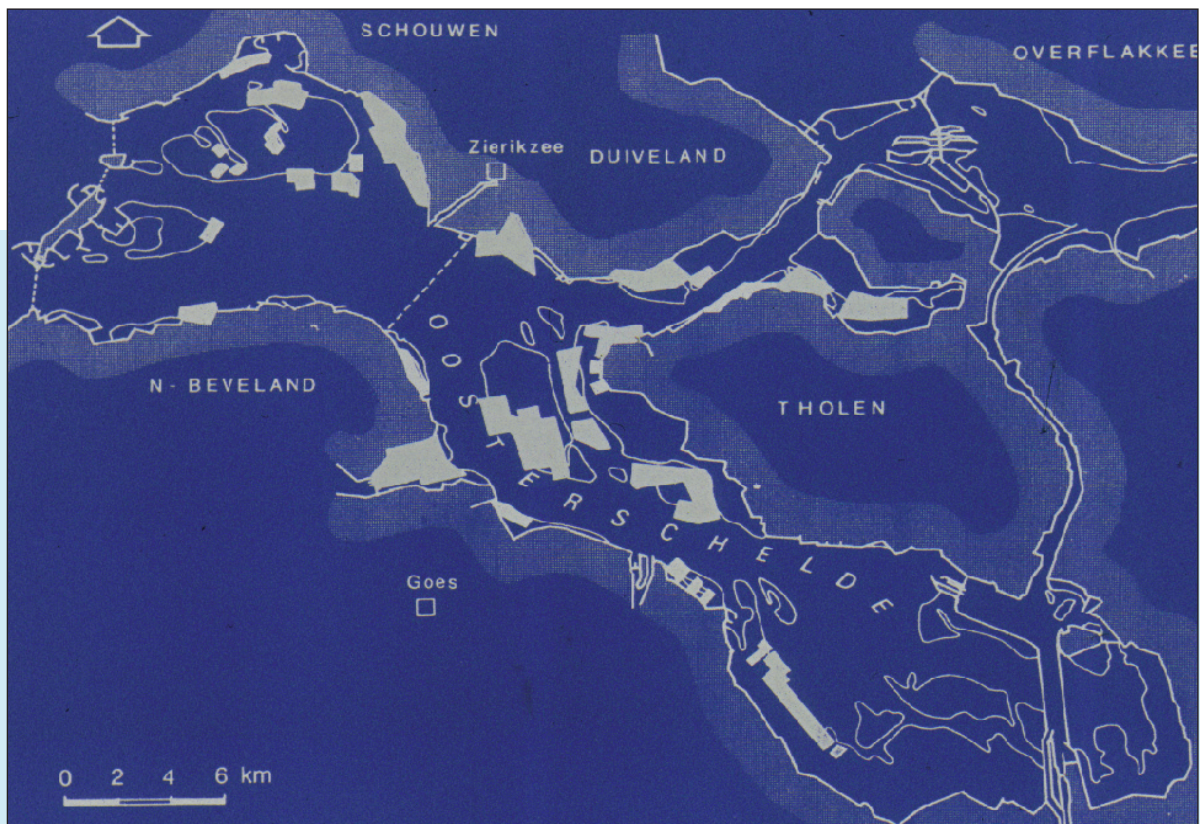
## BIJLAGEN



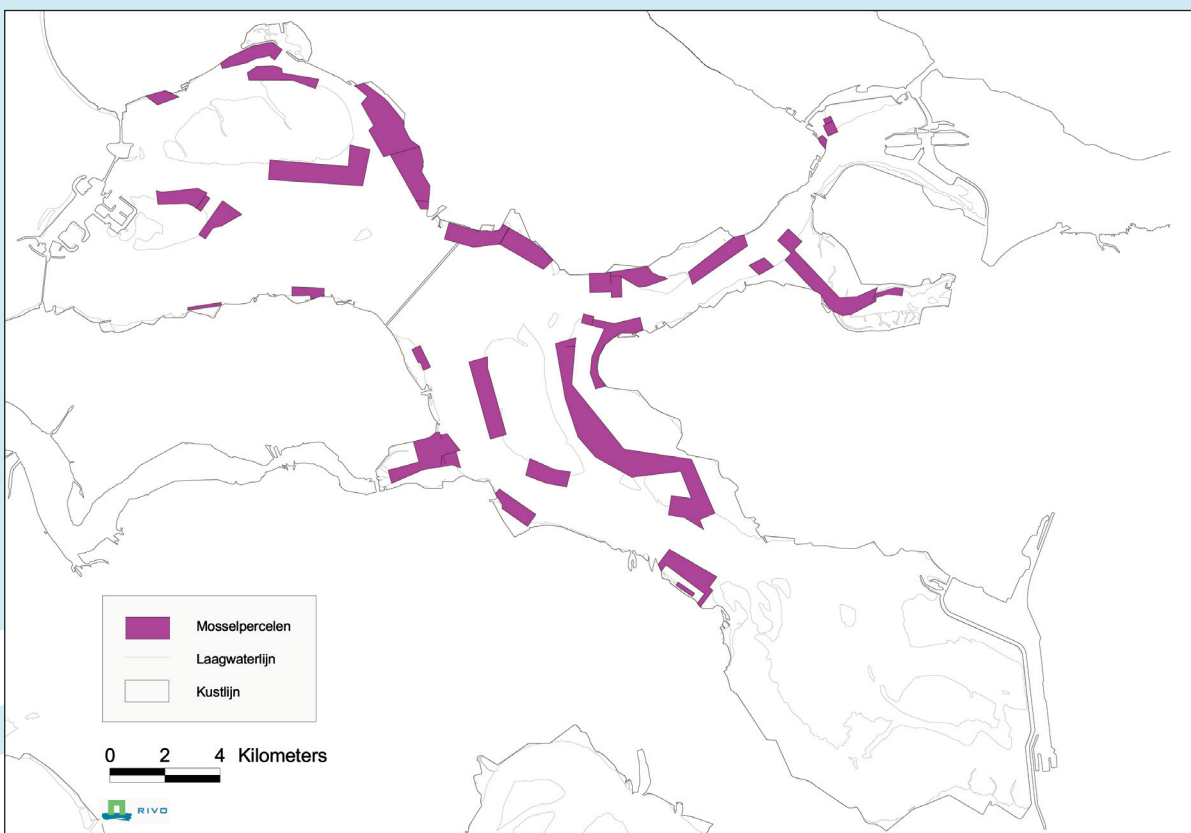
Bijlage 1 Monsterlocaties RIVO kokkel survey.



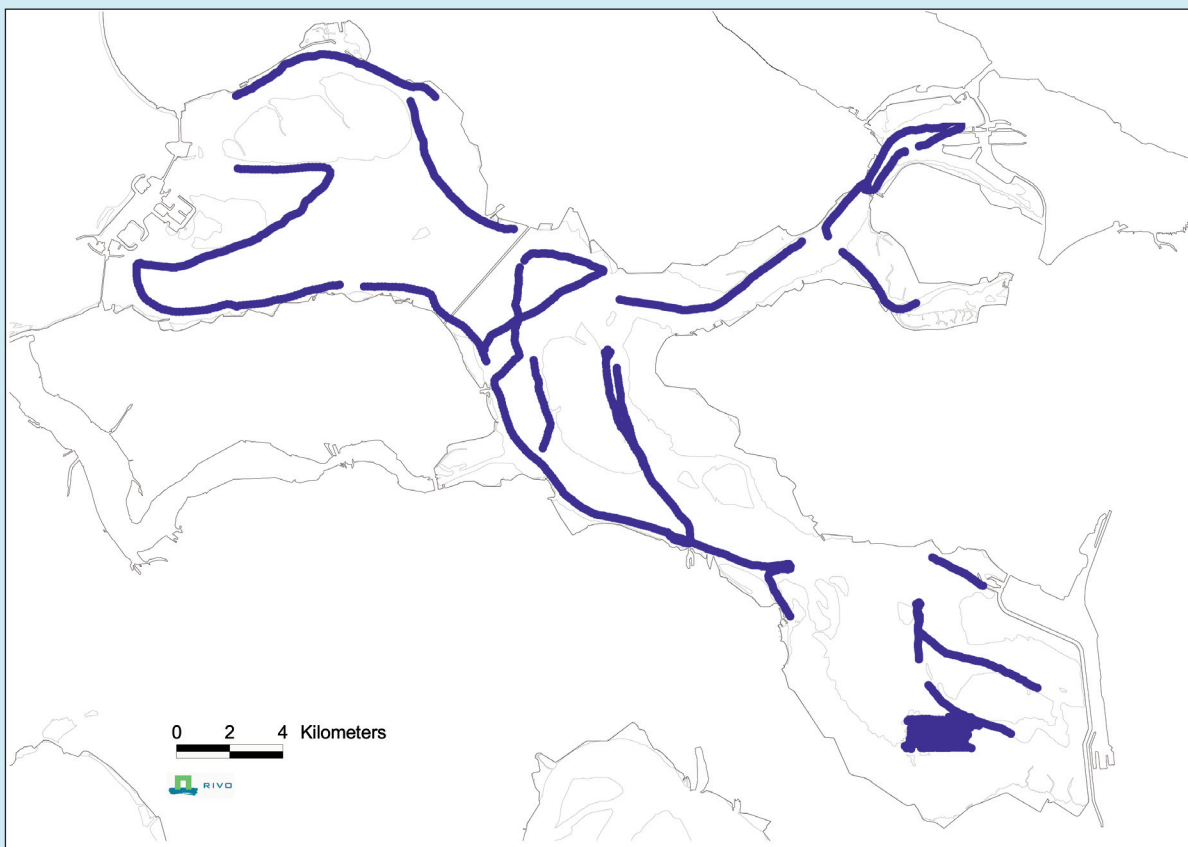
Bijlage 2 Monsterlocaties INTERECOS campagne.



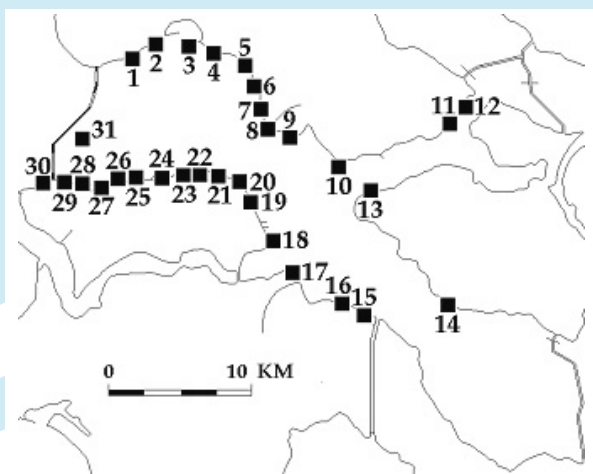
Bijlage 3 Mosselpercelen voor 1996.



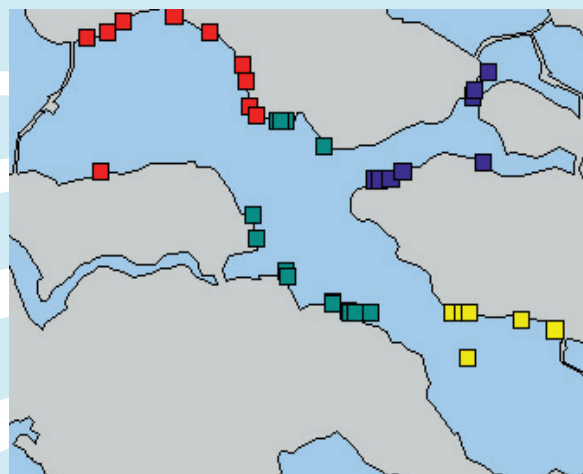
Bijlage 4 Mosselpercelen na 1993.



Bijlage 5 Traject sidescan sonar opnamen.

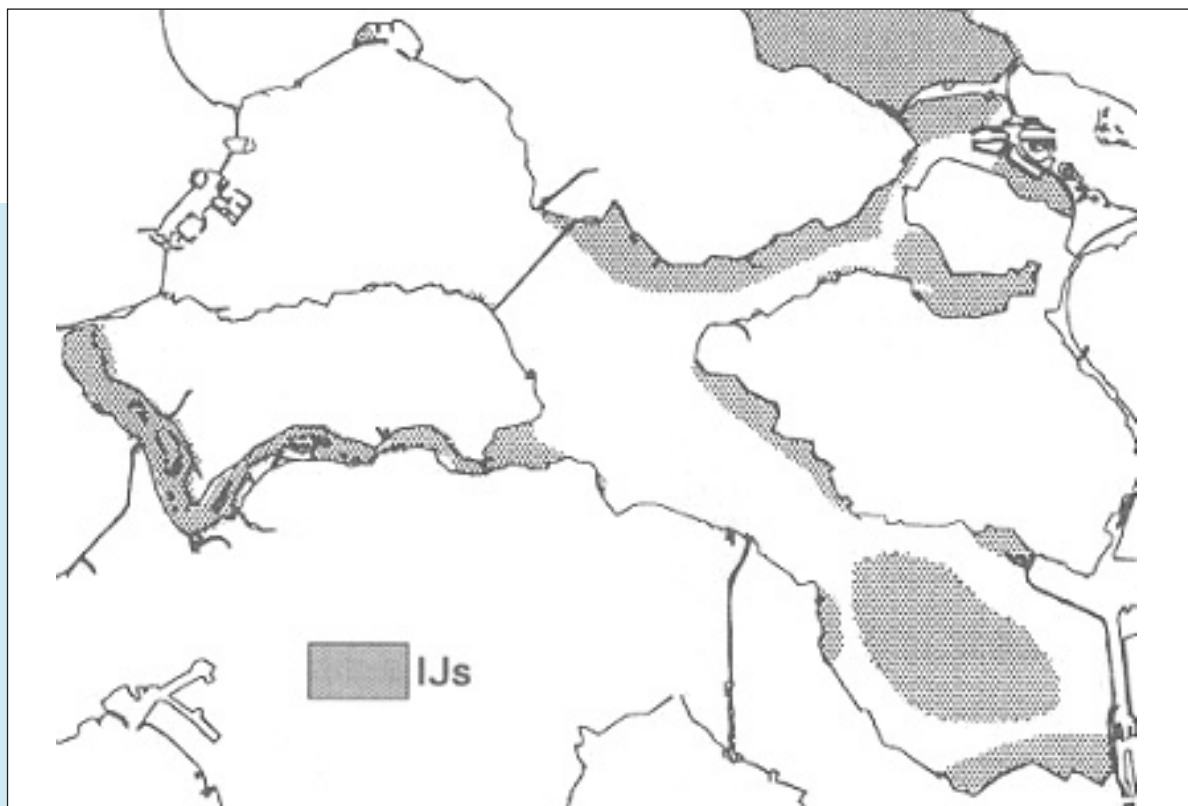


Bijlage 6 Monitoringslocaties AquaSense.

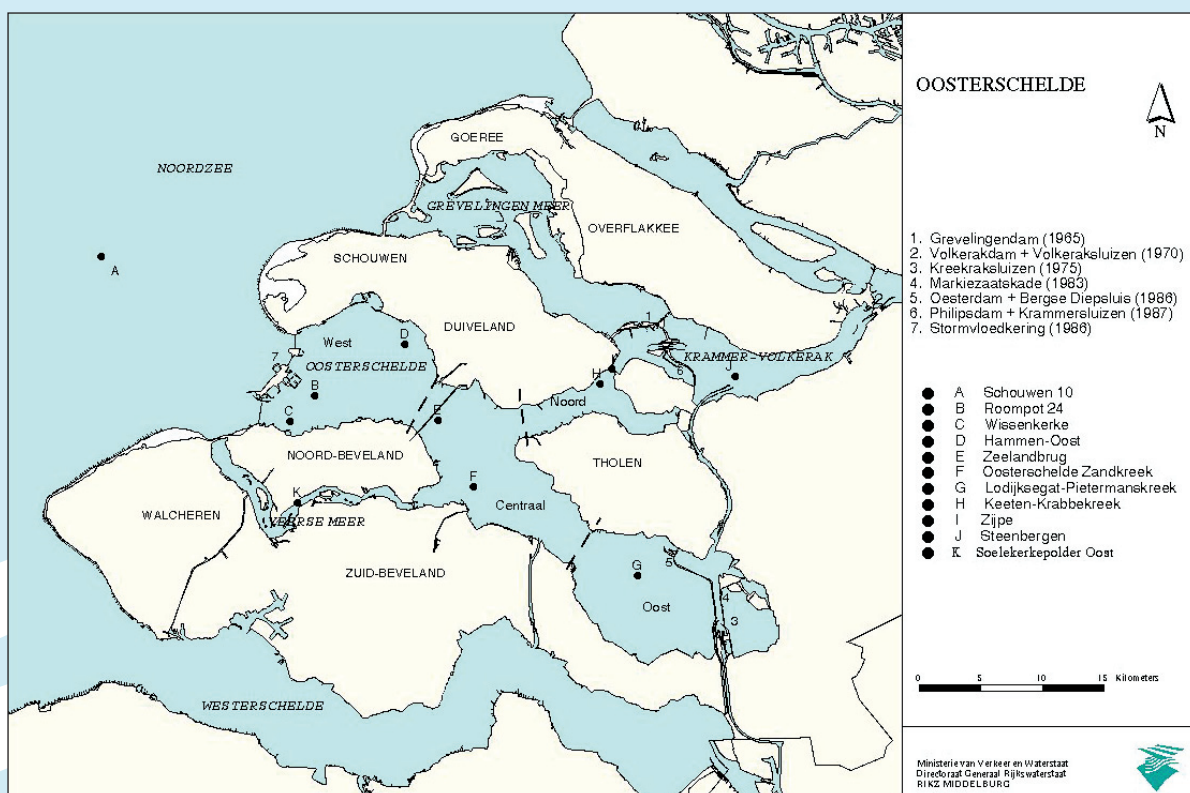


Bijlage 7 Monitoringslocaties Stichting Anemoon.

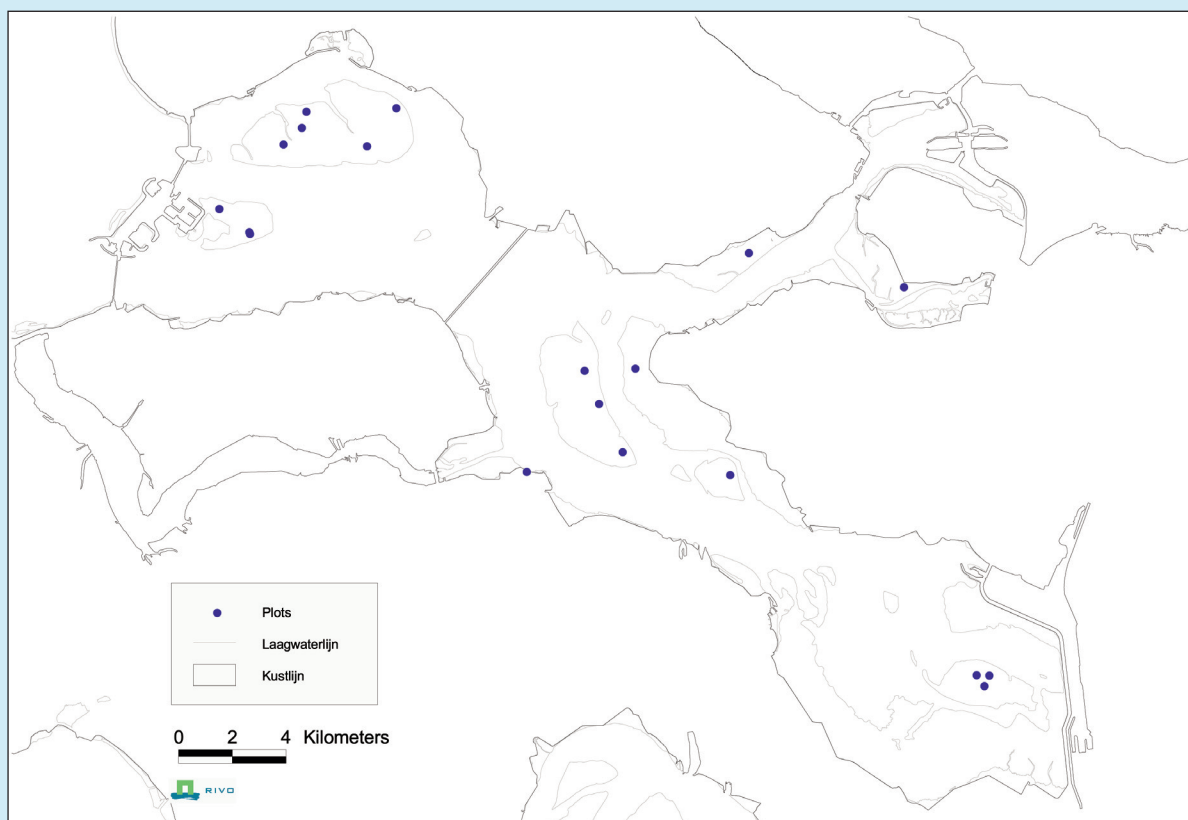




Bijlage 8 IJsvorming tijdens de strenge winter van 1996/1997.



Bijlage 9 Monsterlocaties fytoplankton en primaire productie.



Bijlage 10 RIVO plots kokkelgroei.





# EVALUATIE VAN HET EVA-II CONCEPT-RAPPORT 'VERANDERENDE DRAAGKRACHT VAN DE OOSTERSCHELDE VOOR KOKKELS'

DOOR A.J.M. GEURTS VAN KESSEL, B.J. KATER EN T. PRINS

Het concept-rapport 'Veranderende draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels' is gebaseerd op 7 onderliggende rapporten waarvan er slechts 1 aan de audit-commissie ter beschikking is gesteld. Dit maakt het beoordelen van het onderhavige rapport lastig. Los daarvan zou het naar het oordeel van de commissie zo moeten zijn dat dit rapport zelfstandig gelezen en begrepen kan worden.

## **1 Bij dit rapport zijn alle onderliggende rapportages in digitale vorm bijgeleverd als .PDF bestand op de bijbehorende CD-rom.**

Nadat een eerste versie van dit rapport in de Stuurgroep EVA II was behandeld, heeft het Productschap Vis nog aanvullend commentaar op het rapport geleverd. De audit-commissie heeft van dit commentaar gebruik gemaakt, waarbij moet worden opgemerkt dat is nagegaan of de andere leden van de Stuurgroep eventueel ook aanvullend commentaar hadden.

Het voornaamste manco van het onderhavige rapport is dat veel te weinig wordt aangeduid waar gegevens en conclusies op berusten: zowel de deelrapporten als de overige wetenschappelijke literatuur worden vaak niet genoemd als bron van informatie. Dat maakt het voor niet-ingevoerde lezers moeilijk om te beoordelen of de getrokken conclusies correct zijn.

## **2 In de leeswijzer (Hoofdstuk 1) is aangegeven dat bewust gekozen is voor het tot een minimum beperken van het aantal referenties in dit samenvattende rapport, om de leesbaarheid van zo groot mogelijk te houden. In de inleiding van ieder hoofdstuk wordt verwezen naar het onderliggende rapport waarop het desbetreffende hoofdstuk gebaseerd is en waarin een compleet overzicht van de gebruikte referenties te vinden is.**

Alle leden van de audit-commissie kennen de Oosterschelde echter goed doordat zij daar korter of

langer geleden zelf onderzoek hebben uitgevoerd. Bovendien is een groot deel van de wetenschappelijke literatuur en rapportages van Nederlandse onderzoekinstellingen waar de samenstellers van het rapport expliciet of impliciet hun conclusies op baseren, hen uit hoofde van hun functie bekend. Dat maakt dat de audit-commissie zich toch in staat heeft geacht de conclusies van het rapport te beoordelen, ondanks het ontbreken van de onderliggende rapporten en van literatuurverwijzingen.

Tenslotte wil de commissie graag opmerken dat zij onder de indruk is van de grote hoeveelheid gegevens die is geanalyseerd; met een grondige revisie en met een betere presentatie kan dit een fraai rapport worden.

## **OORDEEL OVER DE CONCLUSIES VAN HET RAPPORT (HOOFDSTUK 9)**

Hieronder wordt aangegeven hoe de audit-commissie de eindconclusies van het rapport, zoals geformuleerd in hoofdstuk 9, beoordeelt. Daarbij is, onder verwijzing naar de titel van het rapport, een onderscheid gemaakt tussen 'draagkracht' voor kokkels en de werkelijk aanwezige kokkelstand. Draagkracht wordt dan gezien als de maximum hoeveelheid kokkels die de Oosterschelde onder de omstandigheden van een bepaald moment kan herbergen; de werkelijke stand kan op dat moment lager zijn.

## **Korte-termijneffect van de aanleg van de Deltawerken**

De audit-commissie kan instemmen met de conclusie dat door afgenomen stroomsnelheden en een verminderde getijslag de aanleg van de stormvloedkering heeft geresulteerd in een afname van de draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels. Dit moet al vlak na 1987 het geval zijn geweest. De in het rapport genoemde achteruitgang van 14% berust echter op een vergelijking

van de jaren 1983 en 1994; dat percentage zal daarom zijn opgebouwd uit een gedeelte eenmalig korte-termijneffect en een gedeelte lange-termijneffect (zie hieronder)

**3 In de hoofdconclusies zijn de korte en lange termijn effecten niet gepresenteerd met de bedoelde percentages, om onderstaande reden (zie lange termijn effecten). Wel is een ordegrrootte van de afname over de gehele periode 1983 t/m 2010 gegeven van  $\pm 30\%$  oftewel 1 à 2 % per jaar, die als indicatief beschouwd dient te worden.**

#### Lange-termijneffect van de aanleg van de Deltawerken

De commissie stemt in met de conclusie dat door erosie van de slikken en platen de draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels verder achteruit gaat. Dat die achteruitgang 1 à 2% per jaar bedraagt, komt de commissie niet onaannemelijk voor, maar dat is niet hard gemaakt. Deze conclusies zijn gebaseerd op de ontwikkeling van de zg. kokkelhabitatkaart waarbij de gemiddelde kokkelbiomassa over de jaren 1990-2001 is gecorreleerd met de milieu-omstandigheden van 1994. Het ontwikkelen van een dergelijk model acht de audit-commissie verantwoord. Het model wordt echter niet gevalideerd met een onafhankelijke verzameling gegevens. Daarom is het gebruik van dit model om de situatie in 1985, 2001 en 2010 te voorspellen, niet verantwoord. De vergelijking van de jaren 1985, 1994 en 2001 door middel van drie afzonderlijk berekende kokkelverdelingsmodellen is weer wel toelaatbaar.

**4 In het rapport is duidelijk aangegeven dat het een model betreft dat (nog) niet gevalideerd kon worden en dat de uitkomsten (percentages) die verkregen zijn d.m.v. extrapolatie als indicatief beschouwd dienen te worden. Er is voor gekozen de extrapolaties met het kokkelhabitatmodel die verkregen zijn door het model constant te houden en uitsluitend te variëren met de onderliggende abiotische variabelen droogvalduur en stroomsnelheid te behouden, omdat dit vooralsnog de enige manier is om een beeld te schetsen van de invloed die de veranderende omgeving op het kokkelbestand uitoefent.**

#### Afgenomen zoetwatertoevoer door aanleg van de Deltawerken

Het is evident dat de zoetwatertoevoer naar de Oosterschelde is afgenomen door de Deltawerken. Het rapport meldt wel dat daardoor de concentraties nitraat en silicaat en na enige tijd ook fosfaat zijn afgenomen maar onderbouwt dit niet. Ook de conclusie dat de bouw van de dammen nauwelijks invloed heeft gehad op de primaire productie en daarmee op het voedselaanbod (en de draagkracht) voor kokkels en andere schelpdieren, wordt niet onderbouwd en lijkt strijdig met hetgeen wordt gesteld bij de invloedsfactoren op lange tijdschaal. Dat deze conclusies echter juist zijn, kan worden geconstateerd door bijvoorbeeld het boek 'The Oosterschelde estuary (The Netherlands): a case-study of a changing ecosystem' geredigeerd door Nienhuis & Smaal (1994) te raadplegen.

**5 Verwijzingen naar 'De Oosterschelde, van estuarium naar zeearm, Bekkenrapport 1991-1996' (van Berchum & Wattel, 1996) en 'The Oosterschelde estuary (The Netherlands): a case-study of a changing ecosystem' geredigeerd door Nienhuis & Smaal (1994) zijn opgenomen.**

**Tevens is aangegeven dat de directe effecten van de aanleg van de dammen bedoeld worden.**

#### Concurrentie om ruimte tussen Japanse oesters en kokkels

De commissie stemt in met de conclusie dat er waarschijnlijk enige ruimteconcurrentie is tussen oesters en kokkels, maar acht dit geen belangrijke verklaring voor de achteruitgang van de draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels.

**6 In het rapport wordt ook niet gesteld dat ruimtecompetitie tot nu een belangrijke verklaring voor de achteruitgang van de draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels vormt, maar wel dat door het samenspel met het erosie-proces dit in de toekomst in toenemende mate wel het geval zou kunnen zijn.**

### Concurrentie om voedsel tussen Japanse oesters en kokkels

De audit-commissie stemt in met de suggestie dat de Japanse oester een belangrijke voedselconcurrent zou kunnen zijn voor kokkels en aldus de draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels zou kunnen doen verminderen. De geconstateerde verschuivingen in biomassa's kunnen hiervoor echter niet als bewijs dienen; voor de kokkel kunnen die verschuivingen ook op diverse andere manieren worden verklaard. Dat de conditie van kokkels in de Oosterschelde geen afnemende trend vertoont pleit zelfs tegen deze hypothese. Dat er concurrentie om voedsel met nadelige effecten voor kokkels (en/of voor oesters en mossels) optreedt kan alleen door experimenten worden aangetoond.

**7 In het rapport is ook alleen de suggestie gegeven. De opmerking dat 'concurrentie om voedsel met nadelige effecten voor kokkels (en/of voor oesters en mossels) optreedt alleen door experimenten kan worden aangetoond' is opgenomen in Hoofdstuk 7.**

### Predatie van kokkellarven door oesters

De audit-commissie stemt in met de conclusie dat de predatie (inslikken) van kokkellarven door oesters onbekend is, maar mogelijk wel een belangrijke factor die de draagkracht bepaalt.

### Invloedsfactoren op korte(re) tijdschaal

Dat strenge winters de kokkelstand ingrijpend kunnen beïnvloeden, zowel in negatieve zin door omvangrijke sterfte als in positieve zin door omvangrijke nieuwe broedval, is algemeen bekend. De audit-commissie acht het echter niet aannemelijk dat dit de draagkracht van de Oosterschelde beïnvloedt. Wel is denkbaar dat een reeks van zachte winters de broedval van kokkels en daardoor de kokkelstand een reeks van jaren negatief beïnvloedt door uitblijven van voldoende broedval; dat zou zich hebben kunnen voordoen in de periode sinds 1997. Maar dit betreft alleen de actuele kokkelstand, niet de draagkracht voor kokkels.

Dat (mechanische) kokkelvisserij de kokkelstand vermindert volgt uit de aard van de visserij, maar bedacht moet worden dat visserij niet de enige factor is die tot vermindering van de kokkelstand kan leiden. Ook zal er enige invloed van visserij zijn op de verdeling van de kokkels over de Oosterschelde. Of de visserij de draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels beïnvloedt, kan niet uit de in dit rapport gepresenteerde gegevens worden afgeleid. Daarvoor wordt verwezen naar onderzoek dat in de Waddenzee is uitgevoerd.

### Invloedsfactoren op lange tijdschaal

Voor morfologische veranderingen en uitbreiding Japanse oester: zie boven.

**8 De conclusies over invloedsfactoren op korte(re) en lange tijdschaal zijn op basis van bovenstaande opmerkingen anders gerangschikt en geformuleerd. Omdat de invloedsfactoren op lange tijdschaal reeds genoemd zijn onder 'Oosterscheldewerken' en 'Japanse oester', is deze herhaling achterwege gelaten.**

Vervolgens is als volgorde aangehouden:

- invloed kokkelvisserij op ruimtelijke verdeling kokkelbiomassa
- invloed kokkelvisserij op bestandsontwikkeling waarbij strenge winters en wel/geen broedval als factoren zijn genoemd die tevens van invloed kunnen zijn op de bestandsontwikkeling
- invloed kokkelvisserij op draagkrachtontwikkeling

De audit-commissie concludeert op basis van dit rapport dat er aanwijzingen, maar geen harde conclusies, zijn dat de primaire productie in de Oosterschelde en daarmee de draagkracht van deze zeearm voor schelpdieren afneemt. Eerder (afgenomen zoetwatertoevoer) werd geconcludeerd dat de bouw van dammen nauwelijks invloed heeft gehad op de primaire productie. De gesuggereerde combinatie van een klimatologische oorzaak en het optreden van humuszuren is is een aannemelijke verklaring van dit verschijnsel maar niet bewezen.

## DETAILOPMERKINGEN

In figuur 1.1. wordt niet aangegeven waar de gegevens over scholeksters op berusten en hoe die zijn bepaald (maandgemiddelde over alle maanden of zonder het zomerseizoen). Elders in het rapport worden de RIVO-surveys kort beschreven, maar een beschrijving van of een literatuurverwijzing naar de INTERECOS-bemonstering is niet te vinden. Tenslotte wordt van de gegevens 1980-1988 wel gemeld dat ze een lage betrouwbaarheid hebben maar er wordt niet aangegeven hoe ze tot stand zijn gekomen; alleen in de legenda vinden we de afkorting 'SMOES'.

**In het onderschrift van Figuur 1.1 is aangegeven is dat het voor scholester het rekenkundig gemiddelde van alle maandtotalen in het seizoen, dat loopt van juli tot juni. Voor uitleg over de SMOES getallen is verwezen naar Hoofdstuk 3, alwaar uitleg gegeven wordt.**

In paragraaf 1.2 wordt als centrale vraag van deze rapportage geformuleerd "Wat zijn de belangrijkste ontwikkelingen in het Oosterscheldegebied die van invloed zijn op de ontwikkeling van het kokkelbestand op de droogvallende platen en daarmee op de hoeveelheid scholeksters die in dit gebied kunnen overleven?". Dat is iets anders dan de titel van het rapport suggereert "Veranderende draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels". Als men draagkracht definieert als de maximum hoeveelheid kokkels die het systeem kan herbergen, bevat de centrale vraag zowel een vraag naar de draagkracht als een vraag naar in hoeverre die draagkracht wordt benut. M.a.w., titel van het rapport en centrale vraagstelling zouden met elkaar in overeenstemming moeten zijn.

**Titel van het rapport en centrale vraagstelling zijn met elkaar in overeenstemming gebracht**

Paragraaf 2.1. 2000 jaar geschiedenis en slechts 1 referentie naar een studie over stormvloed!

**Gerefereerd is naar Fischer (1997), waarin het complete overzicht aan studies te vinden is (zie ook opmerking 2)**

Tabel 2.1 : De doorstroomopening in de monding is afgenomen van 80.000 naar 17.900 m<sup>2</sup> (>75%), het

getijdeprisma met slechts ca. 25% van 1230 naar 880 miljoen m<sup>3</sup>; men zou verwachten dat dan in de monding de maximale stroomsnelheid zou zijn toegenomen met ca. een factor 3; dit blijkt niet uit fig. 2.4.

**In de tekst is aangegeven dat de lokale verhoging van de stroomsnelheden door de aanleg van de stormvloedkering niet in het waterbewegingsmodel SCA-LOOST zijn meegenomen.**

Paragraaf 2.3 (p. 21) Prognose voor de toekomst: "... zal verdwijnen", tenzij adequate maatregelen worden genomen om aanvoer van zand vanuit de buitendelta mogelijk te maken.

**Aanvulling is opgenomen in de tekst.**

Paragraaf 2.7. Discussie: ook hier missen referenties.

**Zie opmerking 2**

In paragraaf 3.1 ware een literatuurverwijzing naar HSM op zijn plaats geweest (en dan ook naar GLM). In dezelfde paragraaf wordt onder 'GIS-kaarten' een factor 'natheid' geïntroduceerd. Deze ware te definiëren.

**Voor referenties zie opmerking 2. De factor 'natheid' is uit de tekst geschrapt, aangezien deze niet in de verdere analyses gebruikt is.**

Paragraaf 3.1. Hierboven is reeds opgemerkt dat dat het kokkelhabitatmodel gebaseerd op de kokkelbiomassa's 1990-2001 en de abiotische gegevens van 1994, niet is gevalideerd en daarom niet mag worden gebruikt voor voorspellingen in andere jaren.

**Zie opmerkingen 4 en 5**

Paragraaf 3.2 stap 2: "Dit model heeft een verklaarde deviantie van 37%". Licht toe wat dit betekent; wordt variantie bedoeld?.

**Bij de GLM wordt deviantie i.p.v. variantie gebruikt. Om verwarring te voorkomen is e.e.a. in de tekst anders verwoord.**

Paragraaf 3.4, p. 32, kaart 3.1. Op westelijk deel Roggenplaat niet alleen hogere stromingsdynamiek,



maar daardoor regelmatige omwerking van het zandige sediment waardoor kokkels zich niet blijvend kunnen vestigen.

**Roggenplaat uit tekst verwijderd.**

Paragraaf 3.4, Fig. 3.4. Eerder (Fig. 1.1) werd gesteld dat het kokkelbestand een significant dalende trend laat zien. Derhalve ligt het voor de hand ook hier deze dalende trend i.p.v. het gemiddelde 1990-2001 op te nemen.

**De dalende trendlijn is in figuren 1.1 en 5.1 opgenomen omdat deze figuren beide op najaarsgetallen berusten. Figuur 3.4 geeft de voorjaarswaarden weer, de trendlijn uit Figuur 1.1 kan om deze reden niet zomaar overgenomen worden. Het gemiddelde is weggelaten en de getallen zijn vanaf 1980 gepresenteerd, met de geschatte bestandsgetallen uit de kokkelhabitatkaarten.**

In paragraaf 3.6 wordt gesuggereerd dat kokkels bepaalde sedimenttypen prefereren. Dit is maar zeer de vraag; kokkels zouden eerder op de mate van waterbeweging kunnen reageren en die is in onverstoorde situaties steeds gecorreleerd met een bepaalde sedimentsamenstelling. Aangenomen wordt daarom dat de habitatkaart niet verbeterd zal worden door mediane korrelgrootte en slibpercentage mede in beschouwing te nemen (paragraaf 3.8).

**Deze opmerking is in de tekst van paragraaf 3.8 verwerkt.**

Paragraaf 3.6 (p. 44). Afwijkende droogvalduur in 1994. Verwezen wordt naar hoofdstuk 5 voor een ‘mogelijke’ verklaring. In hoofdstuk 5 is die verklaring tamelijk eenduidig.

**‘Mogelijke verklaring’ is veranderd in ‘meest waarschijnlijke verklaring’.**

Paragraaf 4.2 geeft een groot aantal gegevens over de Japanse oester zonder dat duidelijk is waar die op berusten. Referenties dienen te worden aangegeven.

**Zie opmerking 2, de onderliggende rapporten bevatten alle gebruikte referenties.**

Paragraaf 4.3 noemt een verdringing van strandgapers door Japanse oesters naar zeer zachte substraten. Dit dient niet letterlijk te worden genomen; wat er aan de hand zal zijn is dat strandgapers bij aanwezigheid van Japanse oesters alleen maar op zeer zachte substraten kunnen voorkomen.

**Tekstueel aangepast.**

De volgende subparagraaf over de Diversiteit van sublitorale hard-substraatlevens-gemeenschappen is interessant maar is in het kader van dit rapport overbodig. Als men deze paragraaf echter wenst te handhaven dient “Shannons index” te worden voorzien van referentie(s) en dient de betekenis te worden toegelicht.

**Er is gekozen om deze paragraaf te behouden, de Shannon index is van een referentie voorzien.**

Paragraaf 4.5 beschrijft de kartering van sublitorale oesterbanken m.b.v. sonar. Niet duidelijk is of de sonargegevens zijn gecontroleerd m.b.v. op ander wijze verkregen gegevens en zo ja, hoe dit is gedaan.

**Dit is met behulp van duikers gedaan, e.e.a. is in de tekst opgenomen.**

Paragraaf 4.6 (Blz. 57). “Vermoedelijk spelen lage stroomsnelheden voor kokkels een belangrijke rol als zij zich als larve moeten vestigen etc. “ Het hier beschreven verschijnsel is niet nieuw; het werd reeds in 1957 door Kristensen in zijn proefschrift (Arch. neerl. Zool. 12: 351-453) beschreven. De verwijzing naar fig. 3.4 is onduidelijk.

**Tekstueel aangepast, referentie opgenomen.**

In paragraaf 4.8 is sprake van het ontbreken van een definitie van een oesterbank. Hier zou gebruik kunnen worden gemaakt van de EVA-II rapportage over de definitie van mosselbanken.

**Problematiek rondom definitie oesterbank in de tekst opgenomen.**

Figuur 5.1: zie opmerkingen m.b.t. fig. 1.1.

**De trendlijn is opgenomen in figuur 5.1 evenals in figuur 1.1, voor uitleg SMOES is verwezen naar Hoofdstuk 3.**

Fig. 5.2 - 5.7. Legenda zie kaart 3.5

**Legenda is opgenomen.**

Paragraaf 5.2 onder 'Foerageerintensiteit scholeksters'. Hier worden twee begrippen door elkaar gehaald, te weten de 'voedselopname' die in de winter hoger is dan in andere tijden van het jaar, en de relatieve predatiedruk op de bodemfauna die afhankelijk is van de verhouding tussen beschikbare bodemfauna en aantal scholeksters.

**Tekstueel aangepast.**

Paragraaf 5.2, de Vondelingsplaat (p. 61). Hier en elders breken de auteurs zich het hoofd waarom in Fig. 5.14 (kokkelverdelingskaart 1994) de visserij niet plaatsvindt in de volgens de kaart beste kokkelgebieden. In paragraaf 5.3 wordt ter verklaring hierover zelfs een gekunstelde redenering opgezet. Echter de kokkelverdeling berust op de gemiddelde maxima van drie jaren (1993, 1994 en 1995) waarbij het goede kokkeljaar 1993 het verdelingspatroon sterk zou kunnen beïnvloeden, terwijl de visserijgegevens van 1994 zijn. Verwijzing naar andere figuur nodig m.b.t. legendakleuren.

**Er is duidelijker geformuleerd wat de boodschap is, en een verwijzing naar figuur met legenda is opgenomen.**

Fig. 5.11, fig. 5.12 en bijbehorende tekst. Wanneer is deze watertemperatuur bepaald? Zelfde seizoen, een jaar eerder of op nog een ander tijdstip?

**De minimum watertemperatuur is de winter tussen jaar x en jaar x+1, dit is opgenomen in de tekst**

Paragraaf 5.4. (p. 70. onder); zie boven. Sedimentdynamiek op westpunt Roggenplaat is te groot voor permanente vestiging van kokkels.

**Deze opmerking is in de tekst opgenomen.**

In paragraaf 5.5 zou een duidelijker antwoord moeten worden gegeven op de vraag of kokkelvisserij heeft bij-

gedragen aan de langjarige afname van het kokkelbestand in de Oosterschelde.

**Er is een duidelijker antwoord geformuleerd in de conclusies van Hoofdstuk 5.**

Paragraaf 6.3, laatste alinea op bladzijde 78. Waar blijkt dat uit? Er worden geen chlorofyll-gegevens gepresenteerd.

**Er is voor gekozen de chlorofyll gegevens niet in de samenvattende tekst te presenteren. In het onderliggende rapport 'Verkenning draagkracht Oosterschelde, onderzoek naar veranderingen en trends in de Oosterschelde in de periode 1990-2000' (Wetsteyn et al., 2003) gevonden worden. Dit rapport is genoemd in de inleiding van Hoofdstuk 6.**

Paragraaf 6.4. Er wordt primaire-productie-onderzoek van NIOO-CEME aangehaald. Hier is een betere referentie nodig. Dat geldt ook voor het ontbreken van een toename in de zwevende stofgehalten die in de volgende alinea wordt gesignaleerd. Idem voor relatie tussen hoeveelheid uitgeslagen polderwater en de hoeveelheid neerslag.

**Al deze zaken zijn gerapporteerd in het onderliggende rapport 'Verkenning draagkracht Oosterschelde, onderzoek naar veranderingen en trends in de Oosterschelde in de periode 1990-2000' (Wetsteyn et al., 2003). Dit rapport is genoemd in de inleiding van Hoofdstuk 6.**

Hoofdstuk 7. Wellicht zou hier in de inleiding kort aandacht kunnen worden gegeven aan het moment van de broedval van kokkels, mossels en oesters in relatie tot gunstige weerscondities, alsmede het optreden van lage, lethale temperaturen in de winterperiode, kruiend ijs, e.d. en de kansen die zich dan vervolgens voordoen voor de eerstvolgende broedval van één van de drie soorten schelpdieren.

**Er is voor gekozen deze extra uitwijding niet in de inleiding op te nemen.**

Paragraaf 7.1 (p. 87) Onder 'Monding' wordt gesteld dat de totale biomassa in 2000 t.o.v. 1990 met 32% is toegenomen. Vergelijking met fig. 5.15 doet de vraag

rijzen of dit niet een incidenteel verschijnsel is i.p.v. een lange-termijntrend.

**In de tekst staat uitgelegd dat deze toename voorkomt uit het goede herstel van de populatie op de Roggenplaat in de jaren dat deze plaat voor kokkelvisserij gesloten was (1996 t/m 2000).**

In paragraaf 7.1 onder 'Kom' wordt opgemerkt dat de mosselen op de verwaterplaatsen niet in de beschouwing zijn meegenomen. Hier zou echter een range kunnen worden aangegeven waartussen deze hoeveelheid zich beweegt zodat de lezer het belang van deze factor kan schatten.

**Wat er op de verwaterplaatsen ligt wordt niet geregistreerd, in de grafieken is het onbekende aandeel van de mosselen op de verwaterplaatsen opgenomen met een +? of -?.**

Paragraaf 7.2. Voor de clearance rates wordt verwezen naar een onderliggend rapport. Kan deze informatie niet in een tabel worden samengevat?

**Deze informatie is in het onderliggende rapport te vinden, zie opmerking 2**

Paragraaf 7.3. Noch turn-oversnelheid, noch filtratietijd, noch verblijftijd worden gedefinieerd, terwijl deze begrippen in de literatuur op verschillende wijze worden gehanteerd. Merkwaardig is dat de turnovertijden in figuur 7.8 exact gelijk zijn, terwijl in de tekst onder 'Noordtak' sprake is van hogere turnovertijden.

**In Figuur 7.8 zijn de turn-over tijden gelijk voor de Kom, maar niet voor de Noordtak. Turnoversnelheid, filtratietijd en verblijftijd zijn gedefinieerd in de verklarende woordenlijst.**

Paragraaf 7.4 suggereert dat oesterbegrazing de fytoplanktonsamenstelling kan veranderen. Als dat inderdaad een invloed op de grootte heeft, zou dat waarschijnlijk ook de turnovertijd veranderen (sneller voor kleinere fytoplanktonsoorten).

**Dit zou inderdaad mogelijk kunnen zijn, maar hierover ontbreekt gedetailleerde informatie.**

In de paragrafen 7.5 en 7.6 zou duidelijker moeten worden aangegeven wat speculatie is en wat wordt ondersteund door feiten. Dat Japanse oesters selectief (d.w.z. actief) larven van kokkels kunnen prederen is onwaarschijnlijk. Aannemelijker is dat de larven van de ene soort beter zouden kunnen ontsnappen aan de oesters dan de andere.

**Tekstueel aangepast.**

Overigens zou de in deze paragrafen opgezette redenering ook moeten kunnen verklaren waarom de hangcultuur van mosselen in de Noordtak het goed doet.

**Als mogelijke verklaring is sterkere gelaagdheid van de Noordtak in vergelijking met de andere deelgebieden genoemd (diepere geulen, lagere stroomsnelheden). Met name de mosselen in de ondiep hangende culturen zouden hierdoor van het de bovenste waterlaag geproduceerde voedsel kunnen profiteren.**

Paragraaf 7.6 (p.95). Mondingsgebied; zie ook 7.1: gesteld wordt dat in 10 jaar tijd de biomassa met 25% is toegenomen, maar de gepresenteerde data geven een steekproef van enkele(?) jaren rond 1990 en rond 2000. Bijv. fig. 7.10a laat zien dat er van jaar tot jaar een grote variatie mogelijk is en dat bijv. w.b. mosselen 2000 en 2001 absolute piekjaren waren die werden gevolgd door weer een veel lager bestand in 2002. De ontwikkeling over de periode van 10 jaar dient daarom met enige voorzichtigheid te worden beschouwd. Ook de grote jaarlijkse variatie in de andere subfiguren van fig. 7.10 vraagt om enige voorzichtigheid bij het vergelijken van enkel 1990 en 2000.

**Alle resultaten in Hoofdstuk 7 dienen met de nodige voorzichtigheid te worden beschouwd, dit is ook aangegeven in de inleiding.**

Niet alle in de tekst vermelde literatuur is opgenomen in de referentielijst.

**Referentielijst is herzien en gecheckt met de verwijzingen die in het rapport vermeld staan.**

## COLOFON

Uitgave van het Rijksinstituut voor Kust en Zee.  
Dit rapport werd opgesteld in opdracht van de  
Stuurgroep EVA II.

### Titel

Veranderende draagkracht van de Oosterschelde voor  
kokkels. Rapportage van Thema's 2 en 3 uit het 'Lange  
Termijn Onderzoeksprogramma Voedselreservering  
Oosterschelde', in het kader van de Tweede Evaluatie  
van het Nederlands Schelpdiervisserijbeleid, EVA II.

Rapportnummer: RIKZ/2003.043  
RIVO rapport C062/03  
ISBN 90-369-3487-7

### Illustraties

Joris Geurts van Kessel, Belinda Kater, Annika  
Hesselink, Jan van de Broeke, LNO drukkerij/ uitgeverij.

### Fotografie

Ed Stikvoort, Edwin Pareé, Nathalie Steins,  
Rob Leeuwis, archief CSO.

### Lay-out en opmaak

Joris Geurts van Kessel, Belinda Kater en  
LNO drukkerij/ uitgeverij.

### Grafische realisatie

LNO drukkerij/ uitgeverij, Zierikzee

### Referentie

Geurts van Kessel, A.J.M., B.J. Kater & T.C. Prins, 2003.  
Veranderende draagkracht van de Oosterschelde voor  
kokkels. Rapportage van Thema's 2 en 3 uit het 'Lange  
Termijn Onderzoeksprogramma Voedselreservering  
Oosterschelde', in het kader van de Tweede Evaluatie  
van het Nederlands Schelpdiervisserijbeleid, EVA II.  
Rapport RIKZ/2003.043, RIVO rapport C062/03  
ISBN 90-369-3487-7, Rijkswaterstaat Rijksinstituut  
voor Kust en Zee, Middelburg